

# Intelligence Unleashed

An argument for AI in Education.

Rose Luckin  
Wayne Holmes  
**Laboratorio de  
Conocimientos,  
University College London**

Mark Griffiths  
Laurie B. Forcier  
**Pearson**

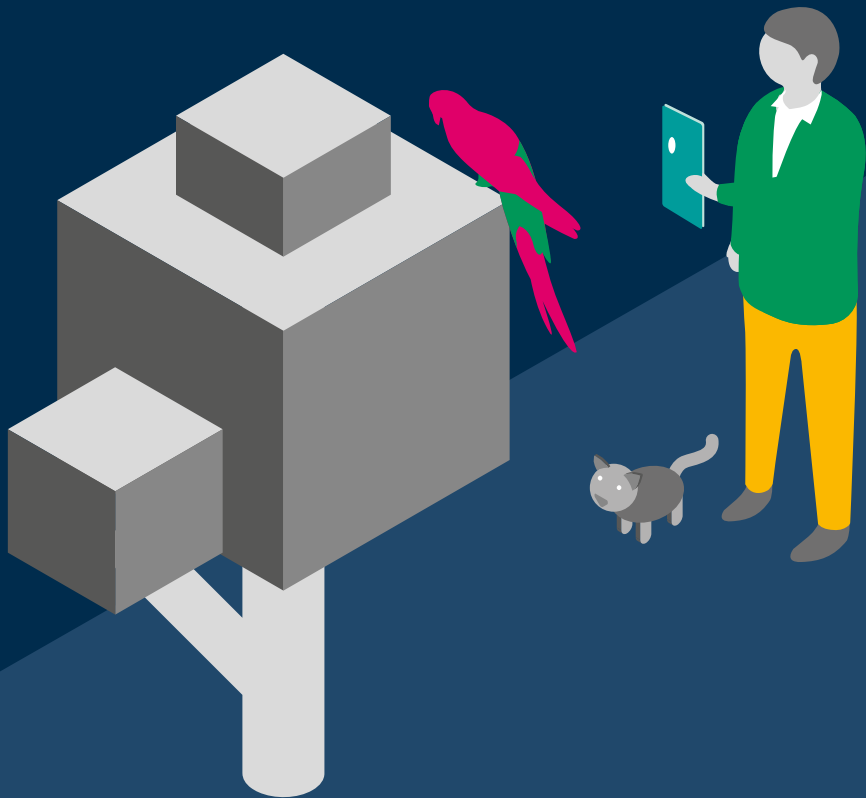


**OPEN IDEAS DE PEARSON**

Compartiendo ideas independientes sobre las grandes preguntas sin respuesta de la educación

  
Pearson

Knowledge  
Lab  

## Open Ideas de Pearson

El objetivo de Pearson es ayudar a las personas a progresar en sus vidas a través del proceso de aprendizaje. Esto significa que nosotros siempre estamos aprendiendo.

Una de las maneras en que lo hacemos es a través de la serie de publicaciones Open Ideas. Trabajamos con algunas de las mejores mentes en educación, desde docentes y técnicos, hasta investigadores y expertos, para llevar sus ideas particulares y conocimientos a un público más amplio.

¿Cómo aprendemos y qué nos mantiene motivados para seguir aprendiendo? ¿Cuáles son los conocimientos y las habilidades que los alumnos necesitan ahora que nos dirigimos a la segunda mitad del siglo XXI? ¿Cuál es la mejor manera de utilizar las tecnologías digitales inteligentes para alcanzar la meta de tener una educación más personalizada? ¿Cómo podemos crear un sistema educativo que proporcione oportunidades de aprendizaje de alta calidad para todos?

Estas preguntas son muy importantes como para que las mejores respuestas se queden solamente en un auditorio, una biblioteca o en un salón de clases. En cambio, se deben descubrir y respaldar, compartir y debatir y adoptar y refinar.

Nosotros esperamos que Open Ideas ayude con esta tarea y que usted se una a la conversación.

## Pearson

Pearson es una compañía mundial de aprendizaje con experiencia en evaluación y software educativo (courseware) y una de serie de servicios de aprendizaje y enseñanza impulsados por la tecnología.

Nuestra misión es ayudar a las personas a progresar a través del acceso a un mejor aprendizaje. Nosotros creemos que el aprendizaje abre oportunidades, ya que crea carreras gratificantes y mejores vidas.

## Laboratorio de Conocimientos de la UCL

El Laboratorio de Conocimientos de la UCL (anteriormente conocido como el Laboratorio de Conocimientos de Londres) es un centro de investigación interdisciplinario del Instituto de Educación de la University College London, UCL). Nuestra misión es entender y diseñar formas en que las nuevas tecnologías puedan apoyar y transformar el aprendizaje y la enseñanza durante toda la vida, tanto en el hogar y como en el trabajo.

Partimos de la creencia de que las nuevas tecnologías, cuando explotemos por completo sus posibilidades, cambiarán no solo la forma en la que aprendemos, sino qué aprendemos, cómo trabajamos, cómo colaboramos y cómo nos comunicamos. Basándonos en investigaciones y evidencias, elaboramos nuevas pedagogías, implementamos sistemas digitales innovadores, desarrollamos nuevas áreas de conocimiento e informamos a los legisladores y a los agentes educativos.

### Creative Commons

Este trabajo está bajo la licencia internacional de Creative Commons: Reconocimiento 4.0. Para consultar una copia de esta licencia, visite: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0> o envíe una carta a Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

Referencia sugerida: Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M. & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence Unleashed. An argument for AI in Education*. Londres: Pearson.

Copyright 2016

El contenido de este artículo y las opiniones aquí expresadas son solo de los autores.

ISBN: 9780992424886

## Los autores

### Rose Luckin

Rose Luckin es profesora de Diseño Centrado en el Alumno en el Laboratorio de Conocimientos de la UCL, University College London. Ella ha desarrollado y escrito sobre la Inteligencia Artificial en la Educación (Artificial Intelligence in Education, AIEd) durante más de 20 años y ha sido miembro activo de la Sociedad Internacional de AIEd desde su creación. Su investigación explora cómo aumentar la participación de los docentes y de los alumnos en el diseño y el uso de las tecnologías. Además de tener más de 50 artículos revisados por colegas y dos volúmenes editados, la Prof. Luckin es la autora de *Re-Designing Learning Contexts* (Routledge, 2010) y la autora principal del influyente informe *Decoding Learning* (Nesta, 2012).

### Wayne Holmes

Wayne Holmes es investigador del Laboratorio de Conocimientos de la UCL, University College London, y enseña sobre educación y tecnología en la Escuela de Postgrados en Educación, University of Bristol. Él ha estado involucrado en la educación y en la investigación en educación por más de 20 años. Recibió su Doctorado en Educación (Aprendizaje y Tecnología) de la University of Oxford y cofundó una plataforma web EdTech en la cual los estudiantes respondieron a más de 300 millones de preguntas. Sus intereses de investigación se centran en la educación, las ciencias del aprendizaje y la Inteligencia Artificial en la Educación (IAEd).

### Mark Griffiths

Mark Griffiths es el director de investigaciones de la Oficina del Asesor Jefe en Educación de Pearson. Él dirige los esfuerzos de la oficina para utilizar investigaciones de primera clase que sirvan para informar e influir en los productos y servicios de Pearson. Antes de Person trabajó en Nesta -organización de caridad que promueve la innovación en el Reino Unido- donde invirtió en más de una docena de organizaciones que utilizan tecnologías o acciones sociales para mejorar el aprendizaje en la edad escolar.

### Laurie B. Forcier

Laurie Forcier dirige la serie de liderazgo intelectual de Open Ideas en la Oficina del Asesor Jefe en Educación de Pearson. Ella tiene más de 15 años de experiencia en el sector educativo, que incluyen: investigación, evaluación, políticas y administración. Fue miembro del equipo de investigación que produjo *Land of Plenty*, el informe final de la Comisión del Congreso sobre el progreso de la mujer y de las minorías en Ciencia, Ingeniería y Desarrollo de la Tecnología, y es coeditora de *Improving the Odds for America's Children* (Harvard Education Press, 2014).

## Reconocimientos

Los autores deseamos agradecerles a Michael Barber y Amar Kumar de Pearson por darnos el espacio y el estímulo que nos ha permitido formar nuestro propio grupo de aprendizaje colaborativo en torno a AIEd. También estamos muy agradecidos con muchos colegas de Pearson que nos han proporcionado orientación útil a este proyecto o comentarios sobre este artículo, esto incluye a John Behrens, Kristen DiCerbo, Erin Farber, Josh Fleming, José González-Brenes, Denis Hurley, Johann Larusson, Nathan Martin, Janine Mathó, Ashley Peterson-Deluga, David Porcaro y Vikki Weston.

También queremos agradecerles a Mutlu Cukurova, Beate Grawemeyer, Manolis Mavrikis y Kaska Porayska-Pomsta del Laboratorio de Conocimientos de la UCL por su apoyo y compañerismo.

Hay dos personas que se merecen un reconocimiento especial: Ben du Boulay, por ser un amigo fundamental e importante de este proyecto desde el comienzo y a Joshua Underwood, coautor de un artículo del año 2011 que nos proporcionó inspiración para crear este.

# Contenidos

- 8 Prólogo de Sir Michael Barber
  - 11 Introducción
  - 13 **¿Qué es la Inteligencia Artificial (AI)?**
  - 17 **Una breve introducción a la Inteligencia Artificial en la Educación (AIEd)**
  - 23 **Lo que la AIEd puede ofrecerle al aprendizaje en la actualidad**
  - 32 **La siguiente fase de AIEd**
  - 41 **Llevándolo al siguiente nivel: Cómo puede ayudarnos la AIEd a responder los mayores problemas no resueltos en educación**
  - 45 **Unir todo: La constante carrera entre la educación y la tecnología**
  - 49 **Recomendaciones que nos ayudarán a llegar a la Intelligence Unleashed**
  - 56 Referencias
- 
- 15 **¿Reemplazará la AI a los humanos?**
  - 31 **Los docentes y la AIEd**
  - 39 **La ética de la AI y la AIEd**
  - 40 **La AIEd y el mundo físico**
  - 52 **Aprendiendo del enfoque que impulsó los vehículos sin conductores**
  - 53 **Aprendiendo de DARPA**

## Prólogo de Sir Michael Barber

Durante treinta años he asistido a conferencias donde los ponentes muestran diapositivas que comparan imágenes de un salón de clases de principios del siglo XX con uno de la actualidad y preguntan directamente: “¿Por qué hay tan pocos cambios?” La variante moderna es algo así como: las tecnologías inteligentes ya han transformado muchas partes de nuestras vidas: desde cómo tenemos citas hasta cómo reservamos un taxi. Parece no haber dudas de que la AI también influenciará de manera significativa lo que enseñamos y aprendemos y cómo lo hacemos. Y, aún así...

Adoptar una postura de desconcierto ante por qué las cosas no han cambiado más, tiene algún valor. Esta postura nos lleva a examinar nuestras suposiciones, nuestros hábitos y nuestras rutinas. Sin embargo, esta solo puede llevarnos hasta cierto punto. Se necesita más.

Lo que necesitamos, lo que deberíamos exigir, es una explicación de por qué y cómo podrían ser diferentes las cosas. Primero, necesitamos comprender qué es la Inteligencia Artificial en la Educación (AIEd), qué ofrece y cómo debe hacerse.

Segundo, necesitamos una explicación clara de cómo el campo de la inteligencia artificial puede conectarse al núcleo de la enseñanza y del aprendizaje para así evitar que se utilicen tecnologías de uso general en formas que no generen los cambios significativos que buscamos en los resultados de aprendizaje. Por ejemplo, las tecnologías inteligentes que se adaptan a los gustos, en vez de a lo que aprendemos o que ofrecen una gestión más eficiente, pero no un aprendizaje más eficiente.

Tercero, necesitamos opciones concretas que nos permitan hacer que el potencial de la AIEd sea real en el sistema, es decir, a una escala que le permita apoyar ampliamente la profesión de la enseñanza y tener un impacto positivo en la experiencia de aprendizaje de cada uno de los estudiantes. Y cuarto, necesitamos preguntar y responder algunas cuestiones éticas profundas, por ejemplo, sobre el uso aceptable de los datos que la AIEd recoge.

En otras palabras, lo que necesitamos es un grado de especificidad sobre lo que la AIEd nos permite evaluar, invertir, planificar, entregar y comprobar. Eso es lo que este artículo ofrece, una guía útil sobre la AIEd y un argumento convincente sobre lo que el aprendizaje puede ofrecer.



Desde qué es la AI y cómo se construyen los sistemas de aprendizaje impulsados por la AIEd, hasta su posible función en el abordaje del importante tema de los robots y las máquinas tomando el control de más y más empleos actuales, este artículo cubre una serie de temas vitales con facilidad y elegancia. También es una lectura recomendable con entretenidas referencias al Pac-Man y a la antigua filosofía de ciencia ficción de Stephen Hawking. Y, sí, ¡un lector no especializado puede entenderlo! Como argumento de mis motivos para leer este artículo, déjeme pasar a un entorno más local y anecdótico. Recientemente, un miembro de mi equipo de Pearson me habló sobre una aplicación de aprendizaje fónico que compró para su hijo pequeño. Pudimos identificar con facilidad las funciones que incluía la tecnología: pronunciación fonética perfecta de 42 sonidos, paciencia infinita y un provechoso compromiso del software con el aprendizaje.

Sin embargo, fue igual de fácil identificar formas en que algunas técnicas básicas de AIEd podrían haber hecho que la aplicación fuese mucho mejor. El contenido de un nivel se repetía incluso después de que se había superado, lo cual conducía al aburrimiento. Había algunos contenidos que eran muy difíciles de superar, lo cual conducía a la frustración. Y no tenía ninguna capacidad de reconocimiento de voz o mezcla de sonidos para verificar la pronunciación del aprendiz.

Pedir que se incluyan estas funciones no es pedir ciencia ficción. Al contrario, significa pedirnos que incorporemos los hallazgos de campos como las ciencias de aprendizaje en las herramientas de AIEd para que estos conocimientos se concreten de una manera más económica y eficaz. Este artículo ofrece una larga lista sobre dónde deberíamos buscar esta combinación de ideas de aprendizaje y tecnología, por ejemplo: en el aprendizaje colaborativo, el metaconocimiento (o capacidad de reflexionar sobre el pensamiento propio), las observaciones útiles y la motivación del estudiante.

Los financistas y los fundadores, los legisladores y los filántropos –de hecho, cualquier persona que se tome en serio la imperiosa necesidad que tenemos de embarcarnos en la siguiente etapa de la reforma del sistema educativo– deben leer y debatir este artículo. Solo en ese momento haremos (finalmente) realidad la promesa de contar con tecnologías más inteligentes para el aprendizaje (y, como efecto secundario, nos desharemos de esas aburridas diapositivas).



# Introducción

Escribimos este breve artículo sobre la Inteligencia Artificial en la Educación (AIEd) con dos objetivos en mente. El primero era explicarle a un lector no especializado interesado en qué es la AIEd, cuáles son sus metas, cómo se construye y cómo funciona. A fin de cuentas, solo después de asegurar cierto grado de comprensión podemos dejar atrás la imagen de ciencia ficción que tenemos de la AI y los temores asociados. El segundo objetivo era introducir la discusión sobre qué puede ofrecerle la AIEd al aprendizaje, tanto ahora como en el futuro, con miras a mejorar el aprendizaje y los resultados de vida para todos.

Nuestro método siempre ha sido comenzar por la enseñanza y el aprendizaje y luego describir cómo una AIEd bien diseñada y meditada puede contribuir eficazmente. Es fundamental señalar que no vemos un futuro en el que una AIEd reemplace a los docentes. Lo que sí vemos es un futuro en donde el rol del docente continúa evolucionando y, finalmente, se transforma; un futuro en donde los docentes utilizan su tiempo de una manera más eficaz y eficiente y en donde su experiencia se implementa, impulsa y amplía de mejor forma.

Si bien algunos podrían considerar el concepto de AIEd alienante, los algoritmos y los modelos que componen la AIEd forman la base de un esfuerzo esencialmente humano. La AIEd ofrece la posibilidad de un aprendizaje que es más personalizado, flexible, incluyente e interesante. La AIEd le puede proporcionar a los docentes y a los alumnos las herramientas que nos ayudan a responder no solo a lo que aprendemos, sino también a la forma en que aprendemos y cómo se siente el estudiante al respecto. La AIEd puede ayudar a los alumnos a desarrollar los conocimientos y las habilidades que los empleadores están buscando, y puede ayudar a los docentes a crear entornos de aprendizaje más sofisticados que no serían posibles de otra forma. Por ejemplo, una AIEd que pueda facilitar el aprendizaje colaborativo, una tarea difícil de realizar para un docente, asegurándose de que se forme el grupo correcto para realizar una tarea en particular o proporcionando apoyo específico justo en el momento adecuado.

Esperamos un futuro donde las extraordinarias herramientas de la AIEd ayuden a los docentes a satisfacer las necesidades de todos los alumnos. Basándonos en el poder de la inteligencia humana y la artificial, disminuirémos las brechas de rendimiento académico, abordaremos la retención y el desarrollo de los docentes y capacitaremos a los padres para que apoyen el aprendizaje de sus hijos (y el suyo) de una mejor forma. Es importante destacar que esto requerirá mucho más que tomar prestado el lenguaje de una AI. Tenemos que profundizar y aprovechar el poder de una AIEd genuina y luego trabajar para aplicarla a escala en contextos de la vida real.

El verdadero progreso requerirá el desarrollo de una infraestructura de AIEd. Sin embargo, esta infraestructura no será la de un sistema de AIEd monolítico único. En su lugar, esta se parecerá a la del mercado que se ha desarrollado para las aplicaciones de teléfonos inteligentes: cientos y luego miles de componentes individuales de AIEd desarrollados en colaboración con educadores, creados según los estándares internacionales de datos uniformes y compartidos con investigadores y desarrolladores de todo el mundo. Estos estándares permitirán la recopilación y el análisis de datos en el sistema que nos ayudarán a conocer mucho más acerca del aprendizaje en sí y cómo mejorarlo.

Si al final tenemos éxito, la AIEd además contribuirá con una respuesta proporcional al desafío social más significativo que la AI ha generado: la constante sustitución de puestos de trabajo y profesiones con algoritmos inteligentes y robots. Nosotros consideramos que este fenómeno proporciona una innovación que es imperativa en la educación y que se puede expresar de forma sencilla, puesto que los humanos viven y trabajan junto a máquinas cada vez más inteligentes, nuestros sistemas educativos deben alcanzar niveles que, hasta la fecha, no se han logrado.

Por esto sostenemos que nuestra respuesta debe ser asumir el rol metafórico de los maestros de judo. Es decir, debemos aprovechar el poder y la capacidad de la AI en sí. De esa manera podemos ayudar a los docentes a dotar a los alumnos, sin importar su edad, con conocimientos y habilidades flexibles que les permitirán desencadenar su inteligencia humana y prosperar en esta fuerza laboral transformada.

Para ser sinceros, lo que nos impulsó a hacer este trabajo fue nuestra impaciencia con el status quo. A pesar de tener casi tres décadas de trabajo, la AIEd todavía es, en muchos sentidos, una industria artesanal y gran parte de los beneficios y el enorme potencial de este campo aún no se han desarrollado. Lamentablemente, muchas de las mejores ideas de la AIEd actualmente no salen del laboratorio o de la sala de conferencias. La AIEd se ve obstaculizada por un sistema de financiamiento que fomenta la investigación aislada y que evita lidiar con el desorden esencial de los contextos educativos. Nosotros creemos que esto debe cambiar.

Este es nuestro intento de contribuir a ese cambio a través de la explicación, argumentación y propuesta de algunos puntos de vista sugerentes y, quizás, provocadores del futuro. Esperamos que este artículo proporcione un entendimiento más profundo de la AIEd y que estimule un muy necesario debate.

Comenzaremos presentando la AI.

# ¿Qué es la Inteligencia Artificial (AI)?

Es difícil definir la Inteligencia Artificial (AI), incluso para los expertos. Una razón para esto es que los componentes de la AI están en constante cambio. Tal como explica Nick Bostrom, uno de los principales expertos en AI de Oxford University: “[una] gran parte de la AI vanguardista se ha filtrado a las aplicaciones generales y con frecuencia no se les llama AI porque una vez que se convierten en algo suficientemente útil y común se deja de etiquetar como AI”.<sup>1</sup> En cambio, se le considera un programa informático, un algoritmo o una aplicación, pero no AI.

**ALGORITMO**

Una lista de pasos establecidos para solucionar un problema. Se puede visualizar un programa informático como un algoritmo complejo. En la AI, un algoritmo es, por lo general, un procedimiento menor que soluciona un problema recurrente.

Otra razón que explica por qué es difícil definir la AI es la naturaleza interdisciplinaria de este campo. Antropólogos, biólogos, informáticos, lingüistas, filósofos, psicólogos y neurocientíficos contribuyen con el campo de la AI y cada grupo aporta su propia perspectiva y terminología.

**APRENDIZAJE AUTOMÁTICO**

Sistemas informáticos que aprenden a partir de datos, lo cual les permite hacer predicciones cada vez mejores.

Para nuestros propósitos, definimos la AI como sistemas informáticos diseñados para interactuar con el mundo mediante capacidades (por ejemplo, percepción visual y reconocimiento de voz) y comportamientos inteligentes (por ejemplo: evaluar la información disponible y luego realizar la acción más sensible para alcanzar un objetivo específico) que nosotros consideraríamos propios del ser humano.<sup>2</sup>

**TEORÍA DE LA DECISIÓN**

El estudio matemático de estrategias para la toma de decisiones óptimas entre opciones que implican diferentes riesgos, expectativas de ganancias o pérdidas en función del resultado.

El uso de la AI en nuestra vida diaria aumenta cada vez más rápido. Por ejemplo, los científicos de AI están construyendo nuevos enfoques en aprendizaje automático, modelización informática y estadísticas de probabilidad para mejorar la toma de decisiones financieras<sup>3</sup> y están utilizando la teoría de la decisión y la neurociencia para impulsar el desarrollo de diagnósticos médicos más eficaces.<sup>4</sup> Además, con el reciente lanzamiento de OpenAI, una compañía de investigación sobre la inteligencia artificial sin fines de lucro con una inversión inicial de 1 billón de dólares, esperamos que esta aceleración continúe a buen ritmo incluso, predecimos, en el área de la AIED.<sup>5</sup>



## 💡 ¿Reemplazará la AI a los humanos?

Algunos en la comunidad científica temen que la AI sea una caja de Pandora llena de consecuencias peligrosas. Ya en 1993, el informático Vernon Vinge popularizó la noción de la *singularidad*, el punto en que un computador o robot que funciona con AI se vuelve capaz de rediseñarse o mejorarse o de diseñar una AI más avanzada que él mismo. Por lo tanto, se argumenta que es inevitable que esto conduzca a una AI que supera con creces a la inteligencia, la comprensión y el control humanos y a lo que Vinge describe como el fin de la era humana.<sup>6</sup> Más recientemente, Stephen Hawking y otros científicos líderes como Stuart Russell, Max Tegmark y Frank Wilczek también nos han advertido sobre los posibles inconvenientes de una AI demasiado inteligente.<sup>7</sup>

Esta inquietante idea ha alimentado a la industria cinematográfica de Hollywood durante décadas, desde *2001: Odisea del Espacio* en los años 60, la serie *Terminator* en los años 80 y, más recientemente, la película *Transcendence*. Todas estas representan una u otra versión de un mundo distópico dominado por una AI fuera de control.

Sin embargo, antes de que nos preocupemos demasiado, es importante discutir sobre las capacidades actuales de la inteligencia artificial. Se necesitarían avances importantes en 'AI general', una AI que puede realizar con éxito *cualquier* tarea intelectual propia de un ser humano, para que cualquier singularidad pudiera ocurrir. Y, en la actualidad, no existe una AI general.

La AI general es muy diferente a la "inteligencia artificial de ámbito específico" con la que la mayoría de nosotros está familiarizado. Estas AI de ámbito específico se enfocan en una cosa, por ejemplo, ganar en ajedrez (Deep Blue o Giraffe), dominar Go (DeepMind de Google), conducir un vehículo (los vehículos sin conductor de Google) o reconocer una fotografía de un pasaporte como la representación de una persona en particular. Incluso para los principales defensores de la AI, parece que la singularidad llegará en algún momento de un futuro cada vez más lejano, ¡aproximadamente treinta años a partir de este momento!<sup>8</sup>

Sin embargo, la AI *se está* haciendo más sofisticada y ya está generando un profundo impacto en nuestra economía. En un estudio realizado en el 2013, los economistas Frey y Osborne utilizaron técnicas de AI para comenzar la tarea de identificar los efectos de la automatización en el mercado laboral. Según sus estimaciones, cerca de 47 % de los empleos actuales en EE. UU. tienen un alto riesgo de ser reemplazados por máquinas en los próximos 10 o 20 años.<sup>9</sup> Hasta la fecha, los empleos de ingresos medios son los que más se han visto afectados, lo cual refleja cuáles son las labores actuales más susceptibles a la automatización.<sup>10</sup>

En ocasiones anteriores, las oleadas de cambios profundos en la economía (por ejemplo, el cambio de una economía impulsada por la agricultura a una industrial) se han ajustado cambiando el alcance y la naturaleza de la educación y del aprendizaje.

La comprensible reflexión que guía esta acción ha sido que si “los trabajadores tienen habilidades flexibles y si la infraestructura educativa se expande lo suficiente, [entonces]... no habrá un ganador en la carrera entre la tecnología y la educación y, así, la prosperidad será ampliamente compartida”.<sup>11</sup>

Todavía se discute si esto seguirá aplicando ante el rápido desarrollo la AI. Una visión histórica evidencia que los cambios tecnológicos siempre han generado una serie de nuevos roles que no podríamos haber predicho o imaginado con anterioridad.

Otros, como Martin Ford, creen que a medida que la automatización se hace cargo de tareas cada vez más sofisticadas, el número de puestos de trabajo será simplemente demasiado bajo para mantener los niveles actuales de empleo.<sup>12</sup>

Nosotros adoptamos una postura optimista que coincide con la visión histórica. También creemos que la AIEd desempeñará un papel fundamental en ayudarnos a estar preparados para los nuevos roles que creará la economía. Volveremos a abordar este tema más adelante en este artículo.





# Una breve introducción a la Inteligencia Artificial en la Educación (AIEd)

El uso de la Inteligencia Artificial en la Educación (AIEd) ha sido el objeto de estudio de la investigación académica durante más de 30 años. Este campo investiga el aprendizaje donde sea que se genere, como en salones de clases o sitios de trabajo, con el fin de apoyar la educación formal y el aprendizaje permanente. Esto lo pone junto a la AI, que es en sí interdisciplinaria, y a las ciencias del aprendizaje (educación, psicología, neurociencia, lingüística, sociología y antropología) para promover el desarrollo de entornos de aprendizaje adaptativos y de otras herramientas de la AIEd que son flexibles, incluyentes, personalizadas, participativas y efectivas.

**ENTORNOS DE APRENDIZAJE ADAPTATIVOS**  
Un entorno de aprendizaje digital que adapta los enfoques y los materiales de enseñanza y de aprendizaje a las capacidades y necesidades individuales de los alumnos.

En el núcleo de la AIEd está el objetivo científico de “*crear modalidades informáticas de conocimientos pedagógicos, psicológicos y sociales precisos y explícitos que con frecuencia se dejan implícitos*”.<sup>13</sup> En otras palabras, además de ser el motor que impulsa una tecnología educativa más ‘inteligente’, la AIEd también es una poderosa herramienta que sirve para abrir lo que a veces se denomina ‘la caja negra del aprendizaje’, proporcionándonos así una comprensión más profunda y detallada de cómo se genera realmente el aprendizaje (por ejemplo, cómo se ve influenciado por el contexto físico y socioeconómico del alumno o por la tecnología).

**MODELOS**  
Estos representan algo del mundo real en un sistema o proceso informático con el fin de ayudar a realizar los cálculos y predicciones.

Esta comprensión puede entonces aplicarse al desarrollo de futuros software de AIEd y lo más importante es que también puede aportar información a los enfoques de aprendizaje que no involucran la tecnología. Por ejemplo, la AIEd puede ayudarnos a entender los micropasos que los alumnos siguen cuando aprenden física o los errores más comunes que se presentan en el proceso.<sup>14</sup> Los docentes pueden entonces utilizar esta comprensión con buenos resultados.

Como ya mencionamos, la AI consiste en un software informático que ha sido programado para interactuar con el mundo en formas que, por lo general, requieren de la inteligencia humana. Esto quiere decir que la AI depende tanto del conocimiento sobre el mundo como de los algoritmos, para procesar de forma inteligente ese conocimiento.

Dicho conocimiento sobre el mundo se representa en lo que muchos han denominado como ‘modelos’. Existen tres modelos clave en el núcleo de la AIEd: el modelo pedagógico, el modelo del dominio y el modelo del alumno.

Tomemos el ejemplo de un sistema de AIEd diseñado para proporcionar observaciones y sugerencias individualizadas y apropiadas a un estudiante. Para lograr esto, es necesario que el sistema de AIEd tenga conocimiento sobre:

- Enfoques efectivos para la enseñanza (representado en el modelo pedagógico)
- El tema de estudio (representado en el modelo del dominio)
- El estudiante (representado en el modelo del alumno)

En la siguiente página se muestran algunos ejemplos de los conocimientos específicos que podrían integrarse en cada uno de estos modelos.

Modelos de AIEd	Lo que el modelo representa	Ejemplos de conocimientos específicos representados en un modelo de AIEd
Modelo pedagógico	El conocimiento y la experiencia en la enseñanza	<p>“Falla productiva” (permitirle al estudiante explorar un concepto y cometer errores antes de mostrarle la respuesta 'correcta')</p> <p>Observaciones (preguntas, pistas o hápticas) provocadas por las acciones del estudiante. Están diseñadas para ayudar al estudiante a mejorar su aprendizaje</p> <p>Evaluación para fundamentar y medir el aprendizaje</p>
Modelo del dominio	Los conocimientos sobre el tema en estudio (experiencia en el ámbito)	<p>Cómo sumar, restar o multiplicar dos fracciones</p> <p>La segunda ley de Newton (fuerza)</p> <p>Causas de la Primera Guerra Mundial</p> <p>Cómo estructurar un argumento</p> <p>Diferentes enfoques para la lectura de un texto (por ejemplo, por su significado o por sus detalles)</p>
Modelo del alumno	El conocimiento del alumno	<p>Los logros y las dificultades previas del estudiante</p> <p>El estado emocional del estudiante</p> <p>El compromiso que tiene el estudiante con el aprendizaje (por ejemplo, el tiempo empleado en una tarea)</p>



Para profundizar aún más en uno de estos ejemplos, tenemos que los modelos del alumno son formas de representar las interacciones que se producen entre el computador y el alumno. Las interacciones representadas en el modelo (como las actividades actuales de los estudiantes, sus logros previos, su estado emocional y si siguieron o no las sugerencias que se les hicieron) pueden utilizarse en los componentes de dominio y pedagogía de un programa de AIEd para deducir el éxito del alumno (y del docente). Los modelos de dominio y de pedagogía también utilizan esta información para determinar la siguiente interacción más apropiada (materiales o actividades de aprendizaje). Es importante destacar que las actividades de los alumnos se integran constantemente al modelo del alumno, lo cual hace que el modelo sea más rico y completo y que el sistema sea más 'inteligente'.

#### HÁPTICAS

**Cualquier forma de interacción que implique el tacto en el caso de una AIEd, esto puede ser algo como la vibración de un teléfono inteligente luego de introducir una respuesta correcta.**

Entonces, ¿cómo sería una tecnología educativa basada en la AIEd? La *figura 1* (mostrada en la siguiente página) es una imagen simplificada de un modelo típico basado en un tutor adaptativo. Este se basa en los tres modelos básicos descritos arriba: el modelo del alumno (conocimientos del alumno individual), el modelo pedagógico (conocimientos sobre la enseñanza) y el modelo del dominio (conocimientos del tema de estudio y de las relaciones entre las diferentes partes de ese tema). Los algoritmos de la AIEd (implementados en el sistema de codificación del computador) procesan ese conocimiento para seleccionar los contenidos más adecuados para el alumno según sus capacidades y necesidades individuales.

Mientras este contenido (que podría ser un texto, un sonido, una actividad, un video, una animación) se entrega al alumno, el análisis continuo de sus interacciones (por ejemplo: sus acciones y respuestas actuales, sus logros previos y su estado afectivo actual) informa la entrega de observaciones (por ejemplo: consejos y orientación), para ayudarlo a progresar a través del contenido que está aprendiendo.

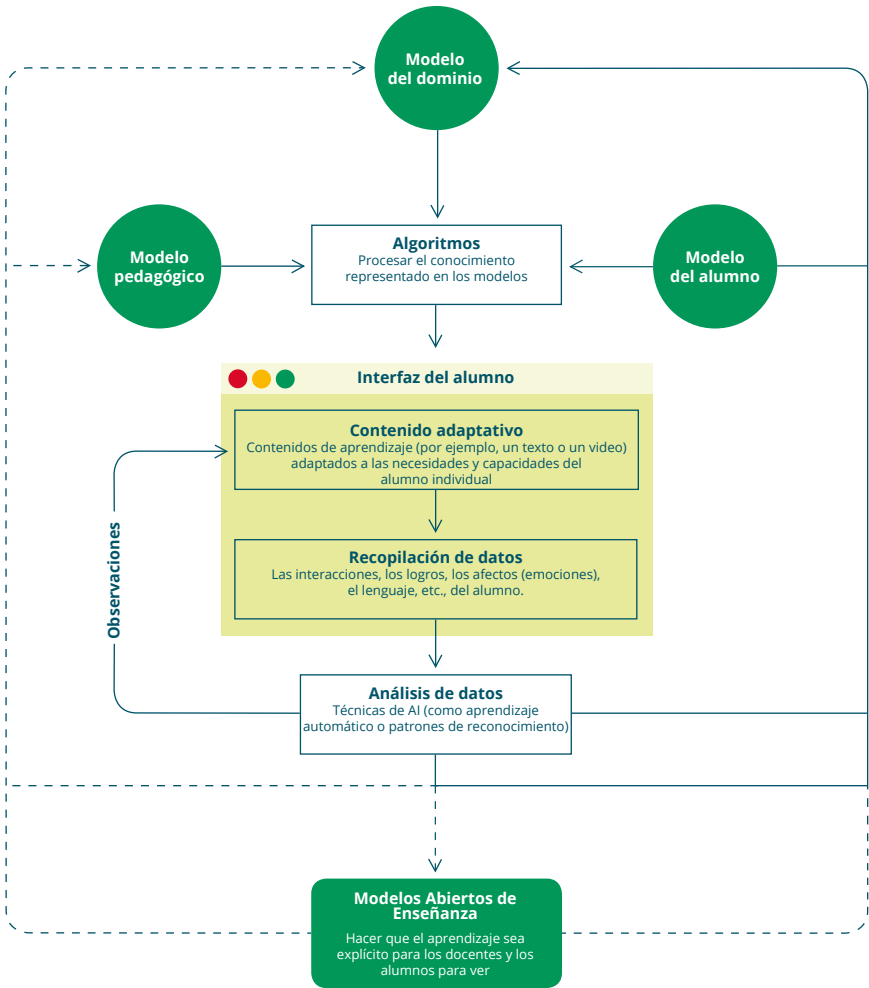
El análisis profundo de las interacciones del estudiante también se utiliza para actualizar el modelo del alumno; tener estimaciones más precisas de la situación actual del estudiante (su comprensión y motivación, por ejemplo) garantiza que la experiencia de aprendizaje de cada estudiante se adapta a sus necesidades y capacidades y que respalda su aprendizaje de manera efectiva.

Algunos sistemas incluyen los denominados Modelos Abiertos de Enseñanza, lo cuales presentan los resultados de los análisis a los alumnos y a los docentes. Estos resultados pueden incluir información valiosa sobre los logros de los alumnos, sus estados afectivos y cualquier concepto erróneo que tengan. Esto puede ayudar a los docentes a entender el enfoque de aprendizaje de sus estudiantes y permitirles moldear sus futuras experiencias de aprendizaje de manera apropiada. Los Modelos Abiertos de Enseñanza pueden ayudar a motivar a los alumnos, pues les permiten llevar un seguimiento de sus progresos y, además, los animan a reflexionar sobre su aprendizaje.

Una de las ventajas de los sistemas adaptativos de la AIEd es que estos, por lo general, recolectan grandes cantidades de datos que luego pueden calcularse de forma dinámica para mejorar los modelos pedagógicos y de dominio en un círculo virtuoso. Este proceso ayuda a informar sobre nuevas formas para proporcionar soportes más eficientes, personalizados y contextualizados, al tiempo que evalúa y perfecciona nuestra comprensión de los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

**Figura 1**

El sistema de AIEd que a continuación se muestra es una imagen simplificada de un modelo típico basado en un tutor adaptativo.



Además de los modelos pedagógicos, del alumno y del dominio, los investigadores de AIEd también han desarrollado modelos que representan los aspectos sociales, emocionales y metacognitivos del aprendizaje. Esto le permite a los sistemas de AIEd acomodar todos los factores que influyen en el aprendizaje.



Juntar todos estos modelos de AIEd, que cada vez son más valiosos, podría llegar a ser la mayor contribución de este campo al aprendizaje.

**METACOGNITIVO**  
 Metacognición suele definirse simplemente como “capacidad de reflexionar sobre el pensamiento propio”. Tiene dos elementos: ser consciente del pensamiento y ser capaz de controlarlo o regularlo.



# Lo que la AIEd puede ofrecerle al aprendizaje en la actualidad

Una gran cantidad de aplicaciones que utilizan un formato de AIEd ya están en uso en nuestras escuelas y universidades. Muchas incorporan técnicas de AIEd y de extracción de datos educativos (educational data mining, EDM) para 'hacerle seguimiento' al comportamiento de los estudiantes, por ejemplo, recolectan datos sobre la asistencia a clases y la entrega de tareas a fin de identificar (y brindar apoyo) a los estudiantes en riesgo de abandonar sus estudios.

**EXTRACCIÓN DE DATOS EDUCATIVOS**  
El desarrollo y uso de métodos para analizar e interpretar los 'grandes datos' que provienen de los sistemas informáticos de aprendizaje y de las escuelas, las universidades o los sistemas de administración y gestión universitarios.

Otros investigadores de AI están explorando interfaces de usuarios innovadoras, como procesamiento natural del lenguaje, reconocimiento de voz y de gestos, rastreo ocular y otros sensores psicológicos que puedan utilizarse para ampliar software de AIEd y software sin AIEd.

Sin embargo, aquí nos enfocamos en tres categorías de aplicaciones de software de AIEd que han sido diseñadas para respaldar el aprendizaje de manera más directa: tutores personales para cada alumno, apoyo inteligente para el aprendizaje colaborativo y realidad virtual inteligente.

## La AIEd puede proporcionar un tutor personal inteligente para cada alumno

Durante mucho tiempo, la tutoría humana individual ha sido considerada como el enfoque más efectivo de enseñanza y de aprendizaje (¡por lo menos desde que Aristóteles fue tutor de Alejandro Magno!). Lamentablemente, la tutoría individual no es sostenible para todos los estudiantes. Además de que no habría suficientes tutores humanos, esta medida nunca sería asequible. Todo esto implora por la pregunta ¿cómo podemos hacer que el impacto positivo que genera la tutoría individual esté disponible para todos los alumnos de todas las áreas de estudio?

Es aquí donde los Sistemas de Tutoría Inteligentes (Intelligent Tutoring Systems, ITS) entran en escena. Los ITS utilizan técnicas de AI para estimular la tutoría humana individual, de esta forma asignan las actividades de aprendizaje que más se ajustan a las necesidades cognitivas del alumno y ofrecen observaciones específicas para el estudiante en el momento oportuno, todo esto sin que esté presente un docente individual. Algunas ITS ponen al alumno al control de su propio aprendizaje con la finalidad de ayudarlo a desarrollar habilidades de autorregulación; otras, utilizan estrategias pedagógicas para el aprendizaje estructurado para que así el alumno tenga los niveles de apoyo y de desafío apropiados.

**SISTEMA ESTRUCTURADO (SCAFFOLD)**  
En el contexto educativo, un sistema estructurado es el método de enseñanza que le permite al estudiante resolver un problema, llevar a cabo una tarea o alcanzar un objetivo a través de la reducción gradual de la asistencia externa.

La década de los 70 trajo consigo algunos de los primeros sistemas de AI que ofrecían instrucción individualizada y adaptativa. Por ejemplo, BUGGY<sup>15</sup>, un sistema vanguardista diseñado para enseñar operaciones básicas de suma y de resta, utilizaba un modelo de los posibles errores que un alumno podría cometer en su procesamiento aritmético. Esta 'biblioteca de errores', en efecto el modelo del dominio del sistema, se utilizaba para diagnosticar



cada error que el estudiante cometía para así ofrecer la tutoría adecuada para ese caso. En un principio, esto se limitaba a los errores que el sistema podía reconocer, aquellos que se habían incluido en el código original. Con el tiempo se encontraron errores adicionales y se agregaron a la biblioteca.

**REDES NEURALES**  
Redes de conjuntos de datos interconectados basados en una comprensión simplificada de las redes neuronales del cerebro.

En vez de utilizar modelos, muchas ITS actuales usan técnicas de aprendizaje automático, algoritmos de autocapacitación basados en grandes series de datos y **redes neurales** para poder tomar las decisiones apropiadas sobre el contenido de aprendizaje que se le debe proporcionar al alumno. No obstante, con este enfoque, puede ser difícil explicar el razonamiento lógico de las decisiones explícitas.

Los sistemas adaptativos modernos basados en modelos pueden ser mucho más flexibles. Estos permiten que los humanos puedan hacer que el razonamiento lógico para cada decisión tomada por el sistema sea explícito y comprensible (y, por lo tanto, es potencialmente aplicable a la enseñanza en el salón de clases). Durante la última década, se han introducido modelos pedagógicos, del alumno y del dominio cada vez más sofisticados en numerosos tutores adaptativos para respaldar la individualización del aprendizaje.

Por ejemplo, el sistema iTalk2Learn<sup>16</sup>, diseñado para ayudar a los estudiantes jóvenes a aprender sobre fracciones, utilizaba un modelo del alumno que incluía información sobre su conocimiento matemático, sus necesidades cognitivas, su estado afectivo (emocional) y sobre las observaciones y las sugerencias que el estudiante había recibido, así como su reacción a estas.

Los tutores adaptativos basados en modelos pueden incluir una gama de herramientas de AIED que:

- Moldea el estado cognitivo y afectivo de los alumnos<sup>17</sup>
- Utiliza diálogos para comprometer al estudiante en experiencias de aprendizaje socráticos, es decir, experiencias de aprendizaje que involucran investigación y discusión, interrogatorios y respuestas<sup>18</sup>
- Incluyen modelos abiertos de enseñanza para promover reflexión y autoconsciencia<sup>19</sup>
- Adoptan estructuras metacognitivas (por ejemplo, al proporcionar ayuda dinámica o al utilizar un esquema narrativo) para incrementar la motivación y el compromiso del alumno<sup>20</sup>
- Utiliza modelos de simulación social; por ejemplo, para que los estudiantes de idiomas puedan relacionarse con mayor éxito con los hablantes del idioma que están aprendiendo mediante a la comprensión de sus normas sociales y culturales<sup>21</sup>

## La AIEd puede proporcionarle apoyo inteligente al aprendizaje colaborativo

Una investigación realizada durante décadas sugiere que la colaboración, bien sea entre un par de estudiantes que realizan un proyecto juntos o una comunidad de estudiantes que participan en un curso en línea, puede fomentar resultados de aprendizaje más altos en comparación con el aprendizaje individual.<sup>22</sup> El aprendizaje colaborativo es efectivo porque incentiva a los participantes a articular y a justificar sus pensamientos, a reflexionar sobre sus explicaciones, a resolver sus diferencias a través del diálogo constructivo y a construir conocimiento y significados compartidos. El aprendizaje colaborativo también puede incrementar la motivación, pues si los estudiantes se interesan por el grupo, comienzan a comprometerse más con la tarea y obtienen mejores resultados de aprendizaje.<sup>23</sup>

Sin embargo, la investigación también sugiere que la colaboración entre los alumnos no comienza de forma espontánea.<sup>24</sup> Por ejemplo, los miembros del grupo pueden no tener las habilidades de interacción social necesarias para colaborar de manera eficaz. Esto puede ser particularmente difícil cuando se trata de colaboraciones en línea, en las cuales los participantes rara vez se ven en persona.

Es aquí donde la AIEd puede contribuir. Se han investigado varios enfoques y aquí nosotros nos centramos en cuatro: la formación de grupos adaptativos, la facilitación por expertos, los agentes visuales y la moderación inteligente.

### Formación de grupos adaptativos

Este enfoque utiliza técnicas de AI y conocimientos sobre los participantes individuales, con frecuencia se representa en los modelos del alumno, para formar el grupo más calificado para una tarea colaborativa en particular. El objetivo puede ser diseñar una agrupación de estudiantes con un nivel cognitivo similar e intereses similares, o una en la cual los participantes aporten conocimientos y habilidades diferentes, pero complementarios.<sup>25</sup>

### Facilitación por expertos

Aquí se utilizan los modelos de colaboración efectiva, conocidos como 'patrones de colaboración', para proporcionar soporte interactivo a los estudiantes que están participando.<sup>26</sup> Estos patrones los proporciona el sistema de autores o se extraen de colaboraciones previas. Por ejemplo, se han utilizado técnicas de AI, como el aprendizaje automático o los [modelos de Markov](#), para identificar estrategias efectivas de resolución colaborativa de problemas. Estas se pueden utilizar para capacitar a los sistemas para que reconozcan cuándo los estudiantes tienen problemas para entender los conceptos que ellos comparten entre sí o para proporcionar apoyo específico en la forma y el momento adecuados.

**MODELIZACIÓN MARKOV**  
Un enfoque utilizado en la teoría de la probabilidad para representar sistemas cambiantes aleatorios.

También pueden mostrarles a los estudiantes (y a sus docentes) qué tanto contribuye un individuo con el grupo, una actividad históricamente difícil de analizar y de evaluar.<sup>27</sup>

### Agentes virtuales inteligentes

El tercer enfoque implica la introducción de agentes virtuales inteligentes al proceso colaborativo.<sup>28</sup>

Estos agentes de AI pueden ser mediadores de las interacciones en línea de los estudiantes o simplemente contribuir con el diálogo al actuar como:

- Un participante experto (un orientador o un tutor)
- Un compañero virtual (un estudiante artificial con un nivel cognitivo similar al del alumno, pero que es capaz de introducir ideas innovadoras)
- Alguien a quien los participantes puedan enseñar, por ejemplo, el estudiante artificial puede introducir errores deliberados o proporcionar puntos de vistas alternativos para estimular argumentos o reflexiones productivas.<sup>29</sup>

### Moderación inteligente

Con un gran número de estudiantes trabajando en múltiples grupos colaborativos, puede ser imposible para una persona entender el gran volumen de datos que los estudiantes generan en sus discusiones.

La moderación inteligente utiliza técnicas de AI, como aprendizaje automático y procesamiento superficial de textos, a fin de analizar y resumir las discusiones, para que un tutor humano pueda guiar a los estudiantes hacia la colaboración fructífera. Por ejemplo, el sistema puede proporcionar alertas a los tutores humanos para informarles sobre eventos importantes (como estudiantes que se desvían de los temas de estudio o que repiten errores) que pudiesen necesitar de su intervención o de su apoyo.<sup>30</sup>

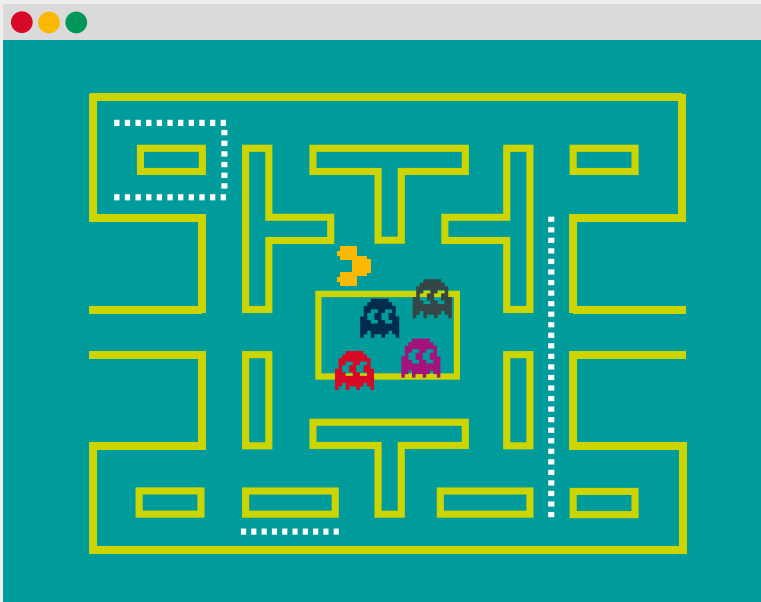


**PROCESAMIENTO SUPERFICIAL DE TEXTOS**  
Un método de análisis de textos que identifica, pero no 'comprende', palabras específicas.

## Realidad virtual inteligente para respaldar el aprendizaje en entornos auténticos

La inteligencia artificial apareció por primera vez en un juego digital en 1979 cuando los desarrolladores de Pac-Man utilizaron una técnica conocida como máquina de estados (transición entre los estados según las condiciones) para controlar si un fantasma corre hacia el jugador o en sentido contrario a este. La AI en la mayoría de los juegos digitales modernos se basa en este sencillo enfoque. A medida que la historia del juego se desarrolla, los personajes que no son jugadores autónomos (agentes) tienen información tanto del juego como del jugador y, basándose en ella, usan algoritmos de AI para determinar cuáles son las acciones más apropiadas que se deben tomar.

La realidad virtual para el aprendizaje funciona de manera similar. Esta proporciona experiencias de inmersión auténticas (la impresión subjetiva de que uno está participando en una experiencia realista) que simulan algún aspecto del mundo real al cual el usuario no podría acceder de otro modo (como ambientes peligrosos o algún lugar geográfica e históricamente inaccesible). La investigación ha demostrado que darle la oportunidad a los estudiantes de explorar, manipular o interactuar con aspectos de un mundo simulado, tal vez la investigación de escenarios 'qué pasa si' (como '¿qué pasa si hay sequía?'), les permite transferir lo que han aprendido al mundo real.<sup>31</sup>



Por ejemplo, un submarino virtual puede permitirle al usuario encogerse a un nivel microscópico para investigar los procesos naturales que ocurren bajo la superficie de una poza de marea o el estudiante podría ser capaz de explorar una planta nuclear, la Antigua Roma o los planetas exteriores.

La realidad virtual se hace 'inteligente' cuando se amplía con la inteligencia artificial. La AI se puede utilizar simplemente para mejorar el mundo virtual, pues le puede proporcionar la habilidad de interactuar y responder a las acciones del usuario en formas que se sientan más naturales. O, basándonos en los Sistemas de Tutoría Inteligentes, la AI también podría integrarse para proporcionar soporte y orientación inteligente continuos a fin de garantizar que el alumno se involucre de forma adecuada con los objetivos de aprendizaje previstos sin confundirse ni abrumarse.

También podrían incluirse agentes pedagógicos virtuales que actúen como docentes, facilitadores del aprendizaje colaborativo o compañeros en 'misiones' de aprendizaje colaborativo. Estos agentes podrían proporcionar perspectivas alternativas, hacer preguntas y observaciones basadas en un modelo pedagógico debidamente especificado.

Muchos estudios han demostrado que la inmersión en una realidad virtual inteligente puede mejorar los resultados educativos al permitirles a los estudiantes construir su propio entendimiento del mundo que están explorando.<sup>32</sup> Algunas inmersiones también han demostrado tener el potencial para liberar lo que Chris Dede, un renombrado científico en el campo del aprendizaje, denomina 'inteligencia atrapada', es decir, inmersiones que permiten a los estudiantes de bajo rendimiento construir su confianza en sí mismos al cambiar su imagen personal de un estudiante de bajo nivel académico a, por ejemplo, un científico virtual exitoso.<sup>33</sup>



Además, los personajes sintéticos inteligentes de los mundos virtuales pueden desempeñar un papel en entornos que son demasiado peligrosos o desagradables para los alumnos. Por ejemplo, FearNot es un entorno virtual inteligente basado en la escuela que presenta incidentes de acoso escolar como un drama virtual. Los alumnos, quienes han sido víctimas del acoso escolar, representan el papel del amigo invisible de un personaje que es acosado en el drama. El alumno le ofrece consejos al personaje sobre cómo comportarse entre los episodios del drama y, al hacerlo, explora el asunto del acoso escolar y las estrategias que pueden ser eficaces.<sup>34</sup>

La realidad virtual inteligente también se puede utilizar para la capacitación de grupos inteligentes en los cuales los humanos virtuales son capaces de razonar sobre eventos individuales, ejecutar acciones y negociar opciones con el objetivo de guiar a los humanos que aprenden a realizar evaluaciones similares, como por ejemplo en escenarios de mantenimiento de la paz.<sup>35</sup>

...

Estos tres tipos de aplicaciones se han utilizado en conjunto para crear entornos de aprendizaje que no solo son más personalizados, sino que también son más incluyentes y atractivos. Por ejemplo, estas aplicaciones pueden proporcionar ayuda adicional a los alumnos con necesidades educativas especiales, motivar a los alumnos que no pueden asistir a la escuela y apoyar a las poblaciones desfavorecidas.<sup>36</sup>

Las aplicaciones de AIEd también pueden ser más flexibles que las alternativas. Muchas aplicaciones están desplegadas en línea, lo que significa que pueden estar disponibles en los dispositivos personales y portátiles dentro y fuera de los contextos pedagógicos formales. Los investigadores de AIEd también están explorando el uso de dispositivos móviles para ofrecer materiales adaptativos sociales y de aprendizaje colaborativo en cualquier lugar y en el cualquier momento (sin dejar de supervisar y proporcionar soporte inteligente según sea necesario).<sup>37</sup>

La AIEd ha hecho grandes progresos, pero apenas ha rozado la superficie. Hay promesas emocionantes a medida que las tecnologías existentes se desarrollan, maduran y amplían. Sin embargo, el horizonte de la AIEd incluye mucho más que 'más de lo mismo'. Los desarrolladores de AIEd son cada vez mejores reconociendo cómo mezclar la inteligencia humana y la artificial de manera efectiva, lo que significa que la futura AIEd está a punto de hacer grandes progresos en muchas áreas críticas.

Ahora centremos nuestra atención hacia este horizonte.

## 💡 Los docentes y la AIEd

No nos cabe duda de que los docentes tienen que ser agentes centrales en la siguiente fase de la AIEd. En cierto sentido la razón es obvia: son los docentes quienes orquestrarán cuándo y cómo utilizar estas herramientas de AIEd. Por su parte, las herramientas de AIEd, y los datos basados en las percepciones que estas proporcionan, facultarán a los docentes para decidir cuál es la mejor manera de organizar los diversos recursos que tienen a su disposición.

Incluso, los docentes –junto con los alumnos y los padres– deberían ocupar un lugar central en el diseño de herramientas de AIEd y en las formas en que se utilizan. Esta metodología participativa de diseño garantizará que se tome en cuenta el desorden de un salón de clases real y que las herramientas proporcionen el apoyo que los educadores necesitan y no el apoyo que los técnicos o diseñadores piensan que los docentes necesitan. Los docentes que participen en estos procesos adquirirán mayor conocimiento tecnológico, nuevas habilidades de diseño y mejor comprensión sobre lo que pueden ofrecer los sistemas de AIEd.

Como mencionamos anteriormente, predecimos que la introducción acrecentada de herramientas que funcionan con AI servirá como un catalizador para la transformación del papel del docente. La AIEd está en condiciones de asumir algunas de las tareas que hoy en día esperamos de parte de los docentes, por ejemplo, llevar registros de datos y de calificaciones.

Al liberarse de las tareas rutinarias que consumen mucho tiempo los docentes podrán dedicarse más a los actos creativos y humanos que proporcionan la ingenuidad y la empatía necesarias para llevar el aprendizaje al siguiente nivel.

A medida que esta transformación comienza, los docentes deberán desarrollar nuevas habilidades (tal vez mediante un sistema de AIEd de desarrollo profesional). En concreto, ellos necesitarán:

- Un entendimiento sofisticado sobre lo que los sistemas de AIEd pueden hacer para permitirles evaluar y emitir juicios ponderados de valor sobre los nuevos productos de AIEd
- Desarrollar habilidades de investigación para poder interpretar los datos proporcionados por las tecnologías de AIEd, para hacer las preguntas más útiles sobre los datos y para guiar a los estudiantes en la comprensión del significado del análisis de datos (por ejemplo, utilizar Modelos Abiertos de Enseñanza)
- Nuevas habilidades de gestión y de trabajo en equipo, pues cada docente tendrá asistentes de AI, además de sus asistentes humanos de enseñanza habituales, y será responsable de combinar y administrar estos recursos con mayor eficiencia

Lo más emocionante es que, con la evolución del papel del docente, también vendrá la evolución del salón de clases, ya que las herramientas de AIEd nos permitirán darnos cuenta que es poco realista esperar que un docente o profesor realice ciertas actividades por sí solo. Por ejemplo, hacer que el impacto positivo propio de la tutoría individual esté disponible para todos los niños o la realización efectiva de aprendizaje colaborativo (una actividad difícil de mantener sin algún tipo de apoyo adicional).

# La siguiente fase de AIEd



El futuro de la AIEd está vinculado de manera intrínseca con el futuro de la AI. La creciente masificación del consumo de las tecnologías de AI trae consigo un enorme incremento en el número de desarrolladores de AI. El ritmo de innovación y desarrollo está a su más alto nivel en la historia<sup>38</sup> y la popularidad actual de la AI podría significar que la innovación en la AIEd es un centro de atención para un número creciente de negocios.

En esta sección, revisamos los bordes entre la teoría y la práctica para considerar algunos de los avances que esperamos ver durante el continuo crecimiento de la AIEd, así como algunas de las nuevas tecnologías que esperamos que se desarrollen. Algunas de estas se desarrollarán antes que otras y todas se pueden considerar tanto una oportunidad como un desafío. Dicho esto, nosotros vemos estas evoluciones de forma positiva y aquí nos hemos centrado en transmitir el excitante potencial que tiene la AIEd para mejorar la educación de todos.

### La AIEd ayudará a los alumnos a obtener habilidades del siglo XXI

Existe una creciente aceptación de las llamadas habilidades del siglo XXI como aspectos esenciales para los entornos de trabajo actuales y futuros, y muchos grupos han avanzando en la lista (¡algunos por mucho y otros por poco!) de las habilidades que las personas necesitarán para participar de forma plena en el plano laboral y en la sociedad.

Por poner un ejemplo, el Foro Económico Mundial ha propuesto 16 habilidades necesarias, distribuidas en tres categorías.<sup>39</sup>



Categoría	Ayuda a los estudiantes a abordar...	Habilidades relacionadas	
Conocimiento práctico fundamental	...tareas cotidianas	Lectoescritura Aritmética Conocimientos científicos Comunicación de información	Conocimientos tecnológicos Conocimientos financieros Conocimientos culturales y cívicos
Competencias	...desafíos complejos	Pensamiento crítico y resolución de problemas	Comunicación Colaboración
Cualidades del carácter	...entornos cambiantes	Curiosidad Iniciativa Persistencia/determinación Versatilidad	Liderazgo Consciencia social y cultural

Nosotros coincidimos con la sabiduría popular en que habilidades como estas son, y siempre han sido, importantes y que deben formar parte de cualquier enfoque de aprendizaje permanente. Sin embargo, existen al menos dos desafíos destacados que debemos abordar si vamos a seguir este programa:

- 1 Debemos desarrollar indicadores válidos y confiables que nos permitan seguir el progreso del alumno en todas las habilidades y capacidades necesarias para prosperar en lo individual, distrital y nacional en el siglo actual. Esto deberá incluir características difíciles de medir, como la creatividad y la curiosidad.
- 2 Necesitamos tener una mejor comprensión de los enfoques de enseñanza más efectivos y de los contextos de aprendizaje que permiten el desarrollo de estas habilidades.

La AIEd puede ayudar con ambos desafíos.

Primero, la AIEd tiene las herramientas y las técnicas para realizar los análisis detallados que nos permiten llevar un seguimiento del desarrollo de las habilidades y las capacidades de cada alumno mientras ellos interactúan y aprenden a medida que pasa el tiempo. Este seguimiento de alumnos individuales se puede recolectar e interpretar como un requerimiento para proporcionar conocimientos sobre el progreso en la escuela, el distrito y el país.

La creciente gama de dispositivos de recopilación de datos, como los datos biológicos, reconocimiento de voz y rastreo ocular, le permitirá a los sistemas de AIEd proporcionar nuevos tipos de pruebas para la evaluación de habilidades que en la actualidad son difíciles de valorar. Por ejemplo, una experiencia de aprendizaje basado en la práctica que incorpora elementos de resolución de problemas o colaboración puede evaluarse con una combinación de fuentes de datos que incluye el reconocimiento de voz (para identificar quién está haciendo o diciendo qué en una actividad grupal) y el rastreo ocular (para determinar qué alumno se enfoca en cuál recurso de aprendizaje en algún momento en particular).

Segundo, el creciente uso de sistemas de AIEd permitirá la recopilación de datos en masa sobre cuáles son las prácticas de enseñanza y de aprendizaje que mejor funcionan. Estos datos nos permitirán seguir el progreso del alumno ante diferentes enfoques de enseñanza y, a su vez, nos permitirán desarrollar un catálogo dinámico de las mejores prácticas de enseñanza adaptadas al desarrollo de diferentes habilidades y capacidades, en particular, las habilidades del siglo XXI, en una gama de entornos.

#### **APRENDIZAJE BASADO EN LA PRÁCTICA**

**El aprendizaje basado en la práctica es el aprendizaje emprendido, por lo general, en equipos en contextos de la vida real (por ejemplo, el aprendizaje emprendido por los profesionales de la salud que trabajan en los hospitales).**

Es importante destacar que, al investigar estas prácticas, también seremos capaces de relacionar el progreso del alumno con los contextos en los que se ha realizado el aprendizaje y de construir modelos de contextos en nuestros sistemas de AIEd. Ya existen metodologías incipientes que toman en cuenta los elementos contextuales (como el espacio físico o virtual), las personas que están disponibles para ayudar y las herramientas de aprendizaje disponibles (como los planes de estudio, la tecnología o los libros).<sup>40</sup>

Con el tiempo, estos modelos nos permitirán identificar las mejores estrategias educativas según los diferentes contextos y nos ayudarán a identificar cómo los factores contextuales (como la combinación de la tecnología, los docentes y el medio ambiente) se pueden ajustar para mejorar la eficacia de los enfoques particulares de enseñanza; estas perspectivas ayudarán a los estudiantes a adquirir habilidades del siglo XXI, así como otros tipos de conocimiento.

## La AIEd apoyará el Renacimiento de la Evaluación

Nos hacemos eco de la afirmación hecha por Peter Hill y Michael Barber en *Preparing for a Renaissance in Assessment*, sobre los tres componentes básicos del aprendizaje (el plan de estudios, la enseñanza y el aprendizaje y la evaluación), en muchos sentidos lo que nos está frenando es la evaluación.<sup>41</sup> También coincidimos con su afirmación de que la tecnología forma parte de la solución. En un futuro próximo, predecimos que la AIEd contribuirá a mejorar la evaluación de tres formas claves.

### La AIEd proporcionará evaluación justo a tiempo para darle forma al aprendizaje

El uso continuo y creciente de las tecnologías en la educación permitirá un volumen creciente de datos que deben recolectarse sobre los docentes y los alumnos. Los denominados 'grandes datos' ya se están estudiando mediante el uso de analíticas del aprendizaje para reconocer los patrones de datos que tengan un posible interés educativo. Por ejemplo, se han utilizado analíticas con altos niveles de precisión para predecir cuándo es probable que un estudiante repruebe una evaluación o 'abandone' un curso en línea.

Pronto la sofisticación de estas analíticas del aprendizaje se complementará con técnicas de AI para proporcionar información justo a tiempo sobre los logros, los desafíos y las necesidades del alumno. Esta información luego se podrá utilizar para darle forma a la experiencia de aprendizaje en sí. Por ejemplo, la AIEd permitirá que las analíticas del aprendizaje identifiquen cambios en la confianza y en la motivación del alumno, por ejemplo, mientras aprende un idioma extranjero o una ecuación difícil.

#### ANÁLITICAS DEL APRENDIZAJE

La analíticas del aprendizaje se utilizan para encontrar patrones en las grandes series de datos, como aquellos generados los por sistemas de aprendizaje en línea, para permitir la modelización y la predicción.

Esta información se puede utilizar para realizar intervenciones oportunas a fin de ayudar a los estudiantes. Esta ayuda puede realizarse mediante el apoyo asistido por la tecnología, la atención individual de un docente o una combinación de estas dos opciones.

### **La AIEd proporcionará nuevos conocimientos sobre cómo progresa el aprendizaje**

Además de ser convenientes, los datos recolectados de las experiencias de enseñanza y de aprendizaje digitales nos darán ideas nuevas que no podríamos obtener a partir de las evaluaciones existentes. Por ejemplo, además de identificar si un alumno dio o no la respuesta correcta, se pueden analizar los conjuntos de datos para ayudar a los docentes a entender cómo el alumno llega a esa respuesta. Los datos también podrían ayudarnos a entender procesos cognitivos, como olvidar o recordar algo, y el impacto fundamental que estos tienen en el aprendizaje y en los resultados del estudiante. El análisis de AIEd también podría identificar cuándo un estudiante está confundido, aburrido o frustrado para así ayudar a los docentes a entender y mejorar la disposición emocional del alumno para el aprendizaje.

### **La AIEd nos ayudará a alejarnos del enfoque 'deténgase y evalúe'**

Tal como Kristen DiCerbo y John Behrens lo documentan en *Impacts of the Digital Ocean en Educación*, los modelos y las técnicas desarrolladas por los investigadores de AIEd en los últimos 25 años han resultado en un océano de datos digitales sobre el aprendizaje y la enseñanza en constante crecimiento que nos indica los datos que necesitamos recolectar para evaluar a los estudiantes *mientras ellos aprenden*.<sup>42</sup>

Con el análisis de la AIEd en curso sobre las actividades de aprendizaje de un estudiante, no habrá necesidad de aplicar el enfoque deténgase y evalúe que caracteriza a muchas de las evaluaciones actuales. En lugar de utilizar las evaluaciones tradicionales que se basan en la valoración de pequeñas muestras de los temas que se le han enseñado a un estudiante, las evaluaciones basadas en la AIEd se construirán en función de actividades de aprendizaje significativas, tal vez un juego o un proyecto colaborativo, y evaluarán todo el aprendizaje (y la enseñanza) que se ha impartido en el momento que se imparte.<sup>43</sup>



## La AIEd incorporará nuevos puntos de vista provenientes de las ciencias del aprendizaje

La AI y la AIEd siempre han sido campos interdisciplinarios. En el futuro, la AIEd seguirá aprovechando nuevos conocimientos en disciplinas como la psicología y la neurociencia educativa para comprender mejor el proceso de aprendizaje y así construir modelos más precisos que sean capaces de predecir (e influenciar) con mayor precisión el progreso, la motivación y la perseverancia de un alumno.

### Un ejemplo del área de la neurociencia educativa

Un ejemplo sobre la manera en que la neurociencia puede orientar a la educación y al diseño de los sistemas de AIEd se encuentra en el trabajo de Paul Howard-Jones, profesor de Neurociencia y Educación en la University of Bristol. Su trabajo sugiere que el aprendizaje puede mejorar cuando se le vincula con recompensas inciertas<sup>44</sup>, es decir, situaciones en las que el alumno sabe que podría obtener una recompensa al finalizar su tarea, pero no hay certeza de que habrá una recompensa en cada ocasión. Esto es contraintuitivo a las prácticas educativas típicas en donde las recompensas están consistentemente relacionadas con el éxito.

El uso de las recompensas inciertas es mucho más común en el mundo de los juegos de computador, de allí el actual interés en el diseño de juegos educativos que utilizan el impacto motivacional de las recompensas inciertas para interesar a los alumnos y mejorar su aprendizaje. La incorporación de técnicas de AIEd en el diseño de estos juegos educativos permitirá, por ejemplo, que la entrega de recompensas inciertas sea calibrada según la reacción individual del alumno a un nivel de incertidumbre específico.

### Un ejemplo del área de la Psicología

Desde hace varios años los psicólogos, entre quienes destaca Carol Dweck de Stanford University, han estado explorando la función de las 'mentalidades' en el aprendizaje.<sup>45</sup> Ellos hacen una distinción entre los alumnos que creen que la inteligencia no cambia con el tiempo ('una mentalidad fija') y aquellos que creen que sus habilidades pueden desarrollarse ('una mentalidad de crecimiento'). Los alumnos con una mentalidad de crecimiento ven los retos como algo a superar; ellos persisten y valoran más el esfuerzo, lo cual hace que alcancen más éxito como alumnos. Cada vez hay más evidencia de que es posible enseñar a tener una mentalidad de crecimiento y que cambiar la mentalidad de los estudiantes puede tener un gran impacto en sus calificaciones y puntuaciones en las pruebas de rendimiento.<sup>46</sup>

La tecnología ya cumple una función en lo que respecta a ayudar a los alumnos a desarrollar una mentalidad de crecimiento; de hecho, el equipo de Carol Dweck desarrolló Brainology, un software que puede proporcionar soporte y contenido para promover una mentalidad de crecimiento.<sup>47</sup> La incorporación de la AI en la tecnología traerá mayores posibilidades. Por ejemplo, con la AI incorporada el sistema podría adaptarse al objetivo o a la

mentalidad de un alumno, o establecer un sistema estructurado para que los alumnos alcancen una mentalidad de crecimiento.<sup>48</sup> Los modelos del alumno más sofisticados podrán capturar las mentalidades de los alumnos, incluso podrán determinar cómo estas cambian con el tiempo y adaptar el método de enseñanza en consecuencia. Esto podría incluir la provisión de observaciones específicas a los docentes para que puedan apoyar a cada alumno en el desarrollo de una mentalidad de crecimiento de la forma más eficaz.

## La AIED nos dará compañeros de aprendizaje permanente

Se dice que en la antigua China cada príncipe real estudiaba con un acompañante y con un profesor de la realeza. Tal vez los emperadores chinos sabían que sus hijos aprenderían de forma más eficaz con un compañero; sin duda, esta es la creencia en gran parte la psicología contemporánea.<sup>49</sup>

Las primeras investigaciones sobre la AIED en la década de los 80 trajeron esta antigua historia a la vida mediante el desarrollo de Sistemas Compañeros de Aprendizaje (Learning Companion Systems). Estos sistemas le proporcionaban a cada alumno un compañero colaborativo (o varios) de aprendizaje virtual. La función del compañero era estimular el aprendizaje del estudiante a través de la colaboración y de la competencia. El compañero también podía actuar como un estudiante para que el alumno humano sirviera de tutor y, al hacerlo, el estudiante aprendía mediante a la enseñanza. El docente virtual ofrecía orientación y ejemplos al estudiante humano y al virtual por igual y determinaba el orden y el contenido de los temas a tratar.<sup>50</sup>

La próxima generación de compañeros de aprendizaje será enormemente beneficiosa para la enseñanza y el aprendizaje del futuro. No hay barreras técnicas para el desarrollo de compañeros de aprendizaje que puedan acompañar y apoyar a los alumnos individuales durante sus estudios dentro y fuera de la escuela. Estos acompañantes de aprendizaje permanente pueden alojarse en la nube, estar disponibles a través de múltiples dispositivos y utilizarse sin conexión a Internet, según sea necesario.

En lugar de enseñar todas las áreas temáticas, el compañero de aprendizaje puede convocar a sistemas de AIED especializados o a humanos con experiencia en el campo temático particular que el alumno necesita. Además, el compañero puede enfocarse en ayudar a los alumnos a ser mejores en el aprendizaje mediante el desarrollo de una mentalidad de crecimiento o una impresionante gama de habilidades del siglo XXI. Y, puesto que este tipo de sistemas puede ayudar a todos los alumnos a acceder a recursos de aprendizaje óptimos para sus necesidades, estos sistemas serán adecuados tanto para los alumnos con dificultades, así como para aquellos de alto rendimiento.

## 💡 La ética de la AI y la AIEd

El desarrollo de la AI está acelerando e impregnado cada aspecto de nuestras vidas. La pregunta es, ¿estamos preparados para dejar que esto suceda sin un debate o control adecuados? La ética de la AI, tema abordado extensamente por el filósofo de Oxford, Nick Bostrom, debe tratarse con especial atención: “La responsabilidad, la transparencia, la verificabilidad, la incorruptibilidad, la previsibilidad (...); todos los criterios que deben ser considerados en un algoritmo destinado a sustituir el juicio humano de las funciones sociales”.<sup>51</sup>

Por ejemplo, ¿qué pasa si ‘algo sale mal’ con la AI? (consulte, por ejemplo, el papel que desempeñaron los algoritmos en el ‘flash crash’ financiero de 2010)<sup>52</sup> ¿Quién es el responsable, el usuario final o el programador? ¿Qué pasará cuando un vehículo de funcionamiento autónomo esté involucrado en un accidente de tránsito? ¿Será posible entender cómo el sistema llegó a esa decisión para que podamos corregirla y así prevenir futuros problemas? Esto ya puede ser problemático si la AI utiliza redes neurales. Y, ¿las AI son susceptibles de manipulación? Todos estamos muy conscientes de las consecuencias de los ataques informáticos; ¿qué sucedería si se desarrolla o modifica una AI para fines delictivos?

Estos cuestionamientos éticos son iguales, si no más intensos, para las AIEd y es necesario que las preguntas se identifiquen y se aborden. Por ejemplo, sabemos que el intercambio de datos es esencial para la integración de sistemas de AIEd y que el intercambio de datos anónimos tiene el potencial de hacer que el campo avance a pasos agigantados mediante la reducción de los esfuerzos duplicados innecesarios. Pero este tipo de intercambio genera una serie de problemas y preguntas que

van desde la privacidad personal hasta las preocupaciones sobre la propiedad intelectual. En efecto, el creciente volumen y la diversificación de los datos generados por sistemas de AIEd solo sirve para duplicar las preocupaciones éticas existentes sobre lo que ocurre con los datos de educación. ¿Cuáles son las implicaciones de los métodos, las tecnologías y las ideologías que respaldan la generación, el análisis, la interpretación y la utilización de datos de sistemas de AIEd? ¿Quién posee los datos, quién puede utilizarlos, con qué propósitos y quién es el responsable final?

Otra consideración que se debe tener en cuenta es la forma en que los sistemas de AIEd buscan generar cambios permanentes en el comportamiento de sus usuarios. Por ejemplo, un sistema puede hacer recomendaciones, persuadir u ofrecer observaciones para generar relaciones personales entre los humanos y las máquinas. El cambio conductual es, sin duda, una intervención que puede ser verdaderamente transformadora, pero esta intervención tampoco está exenta de consideraciones éticas graves.

También han surgido otras preocupaciones relacionadas con los compañeros de aprendizaje. Si bien estos están diseñados para apoyar a los alumnos durante sus vidas, se teme que un compañero que ‘sigue’ a un alumno resultará, en cambio, en una grabación permanente de los fracasos del alumno en detrimento del progreso futuro.

De igual modo, el concepto de un asistente de enseñanza de AIEd genera inquietudes, ya que la tecnología podría utilizarse para espiar al salón de clases con la finalidad de registrar y reportar cualquier rendimiento deficiente percibido del docente.

Por último, tenemos una nueva responsabilidad de garantizar que la sociedad en su conjunto tenga suficientes conocimientos sobre la AIEd, es decir, lo suficiente como para asegurarnos de que utilizamos estas nuevas tecnologías de forma apropiada, eficaz y ética.



## La AIEd y el mundo físico

Para algunos, la palabra ‘artificial’ en la AIEd les hace sentir que la tecnología es, de alguna manera, ajena a nuestras vidas físicas reales. En este trabajo hemos argumentado que la AIEd es en su núcleo, un esfuerzo muy real y muy humano. En el futuro, la AIEd se basará cada vez más en nuestros entornos físicos y en nuestro ser físico y hará que estos aspectos sean parte integral del proceso de aprendizaje.

### La AIEd ampliará nuestro panorama físico

Los sistemas de realidad aumentada (AR) irán un paso más adelante que los sistemas de realidad virtual inteligentes, pues les permitirán a los alumnos y a los docentes experimentar e interactuar de forma diferente con el mundo físico que los rodea. La tecnología de AR puede mostrar información superpuesta del entorno de una persona, lo que permite que el contenido formal del salón de clases se superponga a la realidad física del alumno. Por ejemplo, se puede visualizar la edad, el estilo arquitectónico o la eficiencia térmica de los edificios alrededor del alumno a medida que avanza por el mundo.

Ya hemos visto cómo los sistemas de AIEd existentes introducen avatares con inteligencia social y cultural que guían y apoyan a los alumnos en entornos virtuales. La incorporación de la AIEd a los sistemas de AR permitirá experiencias educativas personalizadas y adaptativas con mentores y tutores virtuales que guían a los estudiantes a través de las excursiones escolares, de esta forma los docentes podrán concentrarse en aquellos alumnos con necesidades educativas mayores.

### La AIEd conectará al Internet de las Cosas

Se denomina colectivamente como el ‘Internet de las Cosas’ (Internet of Things, IoT) a las redes de objetos o ‘cosas’ con sistemas informáticos integrados, sensores y conectividad de red. El IoT le permite a cualquier objeto habilitado por la red interconectarse con cualquier otro objeto o dispositivo habilitado por la red. Esto le abre nuevas oportunidades a los sistemas de AIEd, por ejemplo para asistir a los alumnos que están desarrollando habilidades motoras (como bailar, tocar un instrumento musical o, incluso, aprender procedimientos quirúrgicos) y necesitan prácticas consistentes y extendidas.

### La AIEd estará en sintonía con nuestros sentimientos y movimientos

Investigaciones recientes respaldan la idea de que el aprendizaje está influenciado de forma significativa por cómo nos sentimos (nuestro afecto) y cómo nos movemos.<sup>53</sup> Estas reflexiones sugieren que las tecnologías de aprendizaje pueden mejorarse si se toman en cuenta estos aspectos adicionales. Hoy en día, los modelos del alumno ya no están limitados a representar y grabar el progreso académico del alumno,<sup>54</sup> y ya se han desarrollado sensores que se pueden ser utilizados en la ropa o atados a las partes del cuerpo (por ejemplo, los monitores Fitbit).

Los sistemas de AIEd del futuro apoyarán cada vez más al alumno completo a través de modelos sofisticados que capturan datos sobre su estado emocional y físico. Estos modelos enriquecidos contribuirán aún más a lo que se sabe sobre la forma en la que aprendemos, y proporcionarán docentes individuales con información en tiempo real sobre el bienestar físico y emocional y el desarrollo cognitivo de sus estudiantes; esto permitirá que se realicen intervenciones apropiadas y oportunas en todas las áreas importantes para el aprendizaje.



**Llevándolo al siguiente nivel: Cómo puede ayudarnos la AIEd a responder los mayores problemas no resueltos en educación**

Los legisladores con frecuencia llaman ‘problemas malvados’ a los problemas sociales que son complejos, que están conectados y que son aparentemente resistentes a la intervención. Lamentablemente, la educación también tiene su cuota justa de este tipo de problemas.

Si la AIEd atrajera la atención y la inversión que nosotros creemos que se merece, entonces es justo preguntar cómo puede aplicarse la AIEd, de forma realista, para abordar los problemas no resueltos. Aquí consideramos dos grandes problemas –las brechas de rendimiento académico y el desarrollo, la retención y la insuficiencia de docentes– y mostramos cómo puede la AIEd responder a esto.

### **Superar las brechas de rendimiento académico**

En la actualidad estamos fallando en satisfacer las necesidades de todos los alumnos. La brecha entre quienes logran más y quienes logran menos es un reto que los docentes, los dirigentes escolares, los administradores y los oficiales del gobierno, enfrentan a diario en todos los países. Alrededor del mundo, los estudiantes provenientes de sectores más pobres obtienen peores resultados que los provenientes de sectores más ricos.<sup>55</sup> Los resultados de esta brecha de rendimiento académico tienen impacto sobre la economía de un país y el bienestar social de su población.<sup>56</sup> Las razones detrás de las brechas de rendimiento académico varían según el país, pero el punto sigue siendo que no todos los alumnos están alcanzando su potencial en la escuela.

Consideramos esencial que los niños tengan al menos los conocimientos básicos (lectura, escritura y matemáticas) y, sin embargo, esto no se ha logrado en todo el mundo. Por ejemplo, en el Reino Unido, nueve millones de adultos en edad laboral tienen escasa formación en lectoescritura, aritmética o en ambas áreas. Para hacer esto real, quiere decir que estos adultos tendrán dificultades para realizar tareas diarias simples, tales como calcular la cantidad de combustible restante en su vehículo al mirar el indicador, o entender instrucciones sobre los medicamentos de venta libre.<sup>57</sup>

Ya hemos mostrado algunas de las formas en que la AIEd puede ofrecer una nueva serie de herramientas para abordar estos retos. Por ejemplo, se le puede ofrecer tutoría individual con tutores adaptativos de AIEd a los estudiantes que necesiten ayuda adicional, tanto en la escuela como en el hogar, para mejorar sus niveles de éxito. El aumento de la colaboración entre los desarrolladores de neurociencia educativa y la AIEd generará tecnologías que puedan ofrecer mejor información y asistencia a dificultades de aprendizaje específicas que puedan interponerse en el progreso del niño. Por otra parte, e importante para hacer frente a la brecha socioeconómica, estos sistemas de AIEd avanzarán de forma significativa, pues la reducción de su costo hará que sean cada vez más asequibles para las escuelas y los sistemas escolares.

La AIEd también puede ofrecer asistencia antes de que un alumno comience su educación formal, tal vez, incluso antes de su nacimiento. Hay pruebas fehacientes que sugieren que los primeros cinco años de vida de un niño influyen de forma significativa en su rendimiento escolar.<sup>58</sup> Desafortunadamente, vemos pruebas de que muchos estudiantes, en especial los niños de familias de bajos ingresos, tienen muy mala preparación para la escuela. Esto significa que ellos entran a la escuela en gran desventaja en comparación con sus homólogos más afortunados en áreas como lenguaje, matemáticas iniciales, comprensión científica, bienestar físico, desarrollo motor y desarrollo social y emocional. Esto puede significar que un niño comienza la escuela siendo incapaz de identificar los números, de interactuar con sus compañeros o de usar el baño por sí solo.<sup>59</sup>

Los padres con bajos ingresos también pudieron haber tenido oportunidades educativas limitadas, lo que significa que pueden tener dificultades serias al momento de proporcionar apoyo académico a sus hijos en el hogar. Los sistemas de AIEd pueden proporcionar ayuda personalizada a los padres de la misma forma en que lo hacen con los docentes y los estudiantes, lo cual mejorará la educación y los resultados académicos de los padres y de sus hijos.

Por ejemplo, imagine que se le proporcionan a los padres asistentes de AIEd que pueden recomendarles estrategias de cómo hablar con sus hijos, cómo compartir canciones o disfrutar de libros. Esto podría permitirles a los padres proporcionar a sus hijos el apoyo apropiado durante esos importantes primeros años. El asistente AIEd también podría ayudar a los padres que tengan problemas de lectoescritura y aritmética a impulsar estas capacidades.

Para evitar lo que se conoce como el Efecto Matthew<sup>60</sup>—la situación, desafortunadamente muy común, en la que los alumnos más privilegiados sacan mayor provecho de los nuevos recursos, lo que agrava aún más las desigualdades existentes— los asistentes de AIEd deben estar disponibles para todos los padres y deben ofrecer soporte adicional a los padres que más lo necesiten. Esto ayudará a garantizar que todos los padres estén bien informados, apoyados y comprometidos con la educación de sus hijos.

### **Desarrollar la experiencia del docente, abordar la retención de docentes y proporcionar asistencia en los lugares donde la insuficiencia de docentes sea grave**

La experiencia docente es clave en el rendimiento académico del alumno, pero el desarrollo docente continuo y de alta calidad tiene costos significativos, tanto de tiempo como de dinero. De la misma forma en que los sistemas de AIEd pueden ofrecer tutoría individual o grupal a los estudiantes, también lo pueden hacer con los docentes de manera continua. La capacitación se puede diseñar para satisfacer las necesidades específicas del docente, para que pueda completarse donde y cuando los docentes quieran y para tener acceso a una comunidad de profesionales afines que ofrezcan consejos y orientación.

La AIEd también puede ayudar a los docentes a encontrar y compartir los mejores recursos de enseñanza. Por ejemplo, imagine utilizar una herramienta popular como TES<sup>61</sup> o Teachers Pay Teachers<sup>62</sup> con su propio asistente de AIEd que sabe sobre los recursos que usted ha considerado útiles en el pasado, los detalles de sus estudiantes y los esquemas de enseñanza y los planes de estudios que se utilizan en su institución. Su asistente de AIEd podría predecir con precisión cuáles son los mejores recursos para usted y sus estudiantes y además publicar los recursos que usted ha creado y utilizado con éxito.

Contar con soporte inteligente para los docentes también podría ayudar a resolver el problema de la retención de docentes, pues muchos profesionales calificados abandonan la profesión debido al 'agotamiento'.<sup>63</sup> Ahora que tener un asistente inteligente alojado en la nube y disponible para todos los docentes es una posibilidad realista, podemos proporcionar asistencia para reducir el estrés y la carga laboral del docente. El asistente de AIEd del docente estará disponible a través de cualquier y todos los dispositivos del docente para que se pueda utilizar cuando sea necesario cada vez que esté trabajando.

Fuera del salón de clases, el asistente puede reducir en gran magnitud la cantidad de tiempo que el docente necesita para calificar las evaluaciones. Dentro del salón de clases, el docente puede asignarle al asistente la tarea de proporcionar tutoría individual a un grupo de niños que tengan dificultades para entender las fracciones. El asistente mantendría el modelo del alumno para cada estudiante y usaría esto para identificar los materiales educativos más adecuados. Esto liberaría al docente para que pueda centrar su atención en un estudiante particular o para trabajar un tema diferente con otro grupo.

En muchas partes del mundo la grave insuficiencia de docentes genera enormes desafíos. Por ejemplo, en la actualidad 33 países no tienen, ni tendrán, suficientes docentes para proveer educación básica a cada niño para el año 2030. De hecho, el mundo deberá reclutar 25,8 millones de maestros para alcanzar esta meta.<sup>64</sup>

Si bien las implementaciones más eficaces de AIED se desplegarán con la experiencia y la empatía que son propias de los seres humanos, en algunos casos, esto simplemente no será posible, al menos no a corto plazo. Esto significa que debemos confiar en la tecnología para hacer que las experiencias de aprendizaje de alta calidad estén disponibles en los lugares en donde hoy en día hacen falta.

Un ejemplo ilustrativo es el trabajo de Sugatra Mitra, reconocido por proporcionar a los niños de un barrio en la India acceso gratuito a un computador colocado en una pared entre su oficina y el espacio público. Él bautizó este experimento como el 'Agujero en la Pared' y su objetivo era comprender si los niños podrían formar grupos autorganizados para el aprendizaje eficaz, en este caso, con la finalidad de aprender a usar un computador.

Su trabajo conllevó a la creación de su Escuela en la Nube, "un creativo espacio virtual donde los niños de todo el mundo pueden reunirse para responder 'grandes preguntas', compartir conocimiento y beneficiarse de la ayuda y de la orientación de educadores en línea".<sup>65</sup>

Ahora, imagine que pudiéramos agregar la AIED a tecnologías como estas. Por ejemplo, la AIED podría proporcionar apoyo inteligente a los alumnos para ayudarlos en su proceso de colaboración, podría proporcionar Modelos Abiertos de Enseñanza a los educadores voluntarios en línea para ayudarlos a entender qué tipo de apoyo podría necesitar un alumno en particular o podría emparejar de forma inteligente al voluntario más adecuado con el estudiante correcto.

Con esto no se quiere disfrazar la necesidad urgente de hacer que la experiencia docente de alta calidad esté disponible para todos. Para nada. Sin embargo, hay una urgencia moral de actuar en donde esto no está disponible y sería negligente no aprovechar la AIED.

# En conjunto: La carrera constante entre la educación y la tecnología <sup>66</sup>

No nos faltan predicciones acerca de cómo la mezcla de trabajos existentes en la economía se volcará por el constante aumento de robots y algoritmos más inteligentes instalados en un conjunto de datos más grande. Sin embargo, las consecuencias de esto para el aprendizaje ha recibido una atención relativamente poco sustentada y sería.

Esto no es ninguna sorpresa ya que el debate, hasta la fecha, es liderado lógicamente por economistas y no por educadores. También refleja brechas en investigaciones cuantitativas existentes que se enfocan, mayormente, en categorías de empleo en vez de habilidades, y en los roles que tienden a ser automatizados en vez de aquellos que tienden a ser creados.

En este documento hemos establecido las piezas de la AIEd que podrían ofrecer -a través de un desarrollo profundo y pruebas inteligentes en el mundo real- una respuesta proporcionada a las innovaciones imperativas para la educación. En pocas palabras, el imperativo es este: mientras los seres humanos vivan y trabajen conjuntamente con máquinas inteligentes en aumento, nuestros sistemas educativos necesitarán progresar a niveles que nadie ha logrado hasta el momento.

En nuestras mentes, este imperativo triunfa incluso sobre el impacto significativo de la globalización y atrae inquietudes existentes en la educación, tales como brechas de logros de mayor intensidad.

Para resumir el argumento, hasta ahora se ha pensado en dos cosas que serían útiles. En primer lugar, esquematizar el catálogo de las herramientas de la AIEd que puedan ayudar a dirigir este gran reto al respaldar la próxima fase de la reforma del sistema educativo. En segundo lugar, presentar las maneras en las que la AIEd puede desplegarse para ayudarnos a entender qué tanto estamos logrando al cumplir con este programa de reforma.

Si lo desea, así como los alumnos necesitan comentarios oportunos y factibles, también lo necesitan nuestros sistemas educativos mientras preparan a los alumnos para la economía del futuro.

No obstante, antes de que sigamos, es importante recordarnos que los "propósitos" de la educación van más allá de obtener un trabajo. Por ejemplo, una lista incluiría descubrir sus pasiones, experimentar el avance y satisfacción del buen trabajo y ser una persona moral con la capacidad y voluntad de afectar positivamente a su familia, comunidad, país y el mundo.

Dicho esto, obtener un buen empleo es consecuente con la lista anterior. De hecho, es una de las razones principales por las que el gobierno invierte en educación.

El opuesto de la tabla muestra nuestro esquema de las herramientas de la AIEd contra los requisitos de trabajo similares en los mercados de empleo dentro de 15 años.

## Utilizar AIEd para llevar a cabo la reforma del sistema educativo

Dentro de 15 años...	La implicación para el aprendizaje...	Cómo puede ayudar la AIEd...
<p>Muchos de los nuevos trabajos creados serán mucho más exigentes a nivel cognitivo que aquellos que ya están disponibles</p>	<p>Los estudiantes necesitarán aprender tan eficiente y efectivamente como sea posible</p>	<p>Proporcione a cada alumno su propio tutor personal, en cada materia</p> <hr/> <p>Proporcione a cada docente de su propio asistente de enseñanza de AI</p> <hr/> <p>La AIEd para entregar un desarrollo oportuno, inteligente y profesional al docente</p> <hr/> <p>Las herramientas de la AIEd pueden ayudar a todos los padres a respaldar el aprendizaje de sus hijos</p>
	<p>Necesitaremos atender, con urgencia, los factores no cognitivos que influyen en el aprendizaje (coraje, tenacidad y perseverancia; afecto; "actitud")</p>	<p>Las herramientas de la AIEd que encierran nuevos conocimientos de neurociencia o psicología</p> <hr/> <p>Poniendo a la disposición nuevos conocimientos con respecto a cómo ocurre el aprendizaje en un individuo y los factores que hacen que esto ocurra con más frecuencia</p> <hr/> <p>A la luz de esto, proporcionando el apoyo necesario en el momento indicado, para monitorear el aprendizaje</p>
	<p>Los estudiantes necesitarán lograr habilidades de mayor orden (por ejemplo, solución de problemas) conjuntamente con el "saber cómo"</p>	<p>La realidad virtual inteligente para permitir a los alumnos ser respaldados en el aprendizaje dentro de entornos auténticos y transferir ese aprendizaje al mundo real</p>
	<p>Las habilidades sociales existirán donde los humanos sigan destacándose</p>	<p>Los estudiantes necesitan ser personas efectivas y colaboradoras capaces de resolver y crear problemas, capaces de construir las ideas de otros y extender y criticar con tacto un argumento</p> <hr/> <p>La habilidad de llevarse bien con los demás, de tener empatía y crear una conexión humana, seguirá siendo valorada.</p>
<p>Necesitaremos reciclar grandes partes de la fuerza de trabajo actual; en esencia, crear una sociedad de aprendizaje</p>	<p>Necesitaremos nuevas formas de dotar a los alumnos adultos de nuevas habilidades, más frecuentemente, con más rapidez y efectividad</p>	<p>Las herramientas de la AIEd que ayudan a los alumnos a volverse más eficaces y autoregulados para un aprendizaje de por vida</p> <hr/> <p>Compañeros de aprendizaje para toda la vida para aconsejar, recomendar y monitorear el aprendizaje</p> <hr/> <p>Entornos de aprendizaje más flexibles que permitan que los alumnos aprendan en un período de tiempo y en un lugar que se adapte mejor a ellos</p>



Necesitaremos hacer todo esto sin un estímulo significativo en la inversión que actualmente estamos realizando en el aprendizaje.

- Con la firme aplicación de la Ley de Moore, conjuntamente con una sabia inversión, hay muchos motivos para creer que el costo de las aplicaciones de la AIEd disminuirán en el tiempo, a la vez que permitirán que este potencial se produzca a un precio accesible dentro de los parámetros actuales de gastos.

### Utilizar la AIEd para medir la reforma del sistema educativo

Una vez que pongamos en su lugar las herramientas de la AIEd, como se describió anteriormente, tendremos nuevas y poderosas maneras de medir los logros del nivel sistémico. A través de la implementación de estándares sensibles de normas informáticas comunes y requisitos de intercambio de datos, la AIEd será capaz de ofrecer un análisis acerca de la enseñanza y el aprendizaje en cualquier nivel, independientemente de la materia, clase, instituto, distrito o país en particular. Esto significará que la evidencia acerca del desempeño del país estará disponible por medio del análisis de la AIEd, cuestionando la necesidad de pruebas internacionales, como el Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (Programme for International Student Assessment, PISA) y el Estudio de las Tendencias en Matemáticas y Ciencias (Trends in International Mathematics and Science Study, TIMSS), al menos en su formato actual.<sup>67</sup>

Con esta información disponible, los líderes y estrategas del sistema necesitarán desarrollar destrezas recientes para probar los datos y establecer las causas potenciales de cualquier rendimiento insuficiente y las soluciones más probables. Por ejemplo, la AIEd puede producir el análisis de datos a nivel escolar que indicará, en tiempo real, cuando la escuela tenga problemas. Se puede llamar a un grupo de expertos para entonces y determinar cómo se pueden resolver estos problemas rápidamente.

Los sistemas educativos necesitarán ser hábiles en tomar ventaja del rico análisis en tiempo real a nivel de sistemas, el cual siempre estará disponible. Sinérgicamente, los sistemas de la AIEd podrían ser los que ofrezcan la armadura para permitir a los líderes y a los legisladores desarrollar estas destrezas y nuevas habilidades.

...

La visión que hemos esbozado de la AIEd jugando con un rol primordial en la reforma de la próxima fase del sistema educativo no se efectuará por casualidad. Esto nos lleva a la sección final de esta publicación: las cosas prácticas que necesitan ser hechas en este momento para liberar la inteligencia de la AIEd.



### LEY DE MOORE

Es un término de informática, establecido por Gordon Moore alrededor de 1970, que afirma que las velocidades del procesador, o la potencia general de procesamiento para computadores, se duplicarán cada dos años.

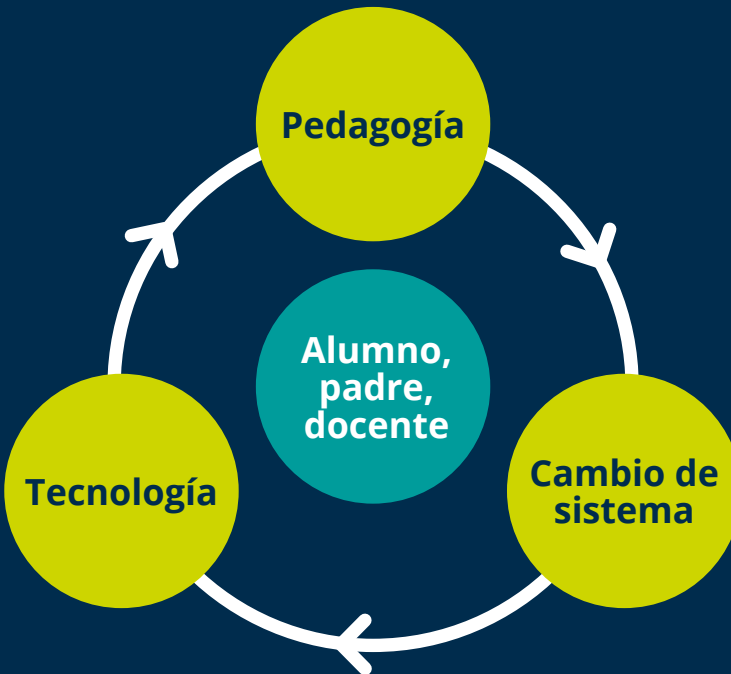


# Recomendaciones que nos ayudarán a liberar la inteligencia

En *Alive in the Swamp*<sup>68</sup>, Michael Fullan y Katelyn Donnelly describen tres poderosas fuerzas que deben combinarse, si vamos a cumplir la promesa de que la tecnología hará avances dramáticos en el aprendizaje. Una es la pedagogía, o la ciencia de cómo enseñamos y aprendemos; la segunda es la tecnología en sí, de la cual hemos hablado bastante hasta el momento; y el componente final es el cambio del sistema, o nuestro entendimiento de cómo suministrar el cambio de manera que tenga un impacto positivo en cada uno de los alumnos.

La habilidad futura de la AIEd para abordar dificultades reales en la educación depende de cómo participemos en cada una de estas tres dimensiones, que son: (i) la necesidad de tecnologías inteligentes que incorporen lo que sabemos sobre la buena enseñanza y aprendizaje en (ii) productos de consumo atractivos y de calidad, los cuales (iii) son entonces utilizados efectivamente en ambientes reales que combinen lo mejor del ser humano y la máquina.

¿Cómo compite actualmente la AIEd con estas tres dimensiones? Y, más importante, ¿qué se necesita hacer para liberar completamente la inteligencia de la AIEd?



## Pedagogía

La investigación de la AIEd ha abordado, hasta la fecha, los primeros beneficios de la educación; por ejemplo, el aprendizaje en ámbitos altamente estructurados, como los cursos introductorios de matemáticas o física, o técnicas de AI aplicadas en conjunto de datos altamente estructurados, como los sistemas de administración universitaria.

Estos beneficios son esenciales pero no son suficiente. Si debemos traer el cambio en la amplitud y calidad del aprendizaje para todos los alumnos, si debemos afrontar las dificultades persistentes y sin resolver del aprendizaje en el siglo XXI, los financiadores e investigadores tienen que ir más allá.

En resumen, la AIEd necesita comenzar con la pedagogía ¡y ser más ambiciosa!

### Recomendaciones

- No se deje seducir por la tecnología, comience con el aprendizaje.
- Enfóquese en la AIEd ya existente y financie las áreas que son más propensas a dar un cambio radical que hará una gran diferencia en el aprendizaje.
- Dé un paso más allá de los planteamientos desconexos, sin prioridad e incompatibles que caracterizan el actual financiamiento de la AIEd.
- Investigue una serie de premios ambiciosos para los retos que comiencen con ideas de las ciencias y prácticas educativas (véase al dorso).

## Tecnología

Actualmente, la AIEd es algo como una industria familiar; la investigación y el desarrollo se dan en pequeños ambientes a una escala modesta, en su mayoría por investigadores con financiamiento limitado y sin patrocinio comercial. El resultado es que muchas solicitudes que se desarrollan nunca se mueven más allá del nivel de prototipo, en cuyo punto se ha perdido mucho de lo que se ha aprendido.

La solución no es invertir dinero en el desarrollo de un solo sistema de AIEd monolítico que confronte cada asunto y ámbito de aprendizaje posible.

En su lugar, el éxito reside en el desarrollo de una multitud de componentes individuales de la AIEd que se especialicen en una competencia particular: por ejemplo, el área de una materia o una necesidad de aprendizaje específica.

Conseguir esto significa poner en práctica las estructuras, incentivos y financiamiento que permitirán un ecosistema de innovación y colaboración alrededor de la AIEd.

### Recomendaciones

- Desarrolle la infraestructura que le permita una innovación reiterada y menos reinversión en la AIEd (por ejemplo, interfaces de programación de aplicaciones [Application Programming Interfaces, APIs], estándares compartidos de datos y modelos compartidos de aprendizaje).
- Cree una demanda inteligente para las tecnologías de AIEd. Por ejemplo, los gobiernos y filántropos pueden garantizar un mercado para soluciones en AIEd que hayan sido probados para trabajar en ambientes reales. Esto desbloquearía colaboraciones necesarias entre los investigadores de AIEd y entidades comerciales.
- Funde una Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa (Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA) para la educación lo que acelerará la transición de las herramientas de AIEd desde el laboratorio al uso en el mundo real (véase el dorso).

## 💡 Aprendiendo del enfoque que puso en marcha los vehículos sin conductores

En 2004, los autores Levy y Murnane escribieron la frase célebre, “hacer un cambio a la izquierda con tráfico en curso involucra tantos factores que es difícil imaginar descubrir el conjunto de reglas que pueden replicar el comportamiento de un conductor”.<sup>69</sup>

En el mismo año, la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa de los Estados Unidos (DARPA) ofreció \$1 millón al equipo que desarrollara un vehículo automanejable que pudiera llegar a 142 millas de recorrido. Para este primer premio, ningún equipo lo logró.

Sin embargo, solo un año después (cuando el monto del premio se duplicó) cinco vehículos completaron el curso. El equipo ganador estuvo liderado por el estudiante de la Universidad de Stanford, Sebastian Thrun, quien lideró el proyecto de Google de vehículos autónomos y, estando ahí, empezó a “arrastrar” a los mejores ingenieros del reto DARPA.

Igualmente, creemos que hay valor en un conjunto de premios a retos globales bien financiados que plantean problemas complejos de aprendizaje, para luego compensar a aquellos que han proporcionado las soluciones de AIEd más emocionantes y efectivas.

No es difícil crear una lista de los grandes retos que pueden formar la base de dicho enfoque (por ejemplo, brechas en el logro del estudiante, destrezas del siglo XXI o incluso preparar a los estudiantes para trabajos que no existen aún).

Aunque en la actualidad la Fundación XPrize tiene dos ‘grandes retos’ en el aprendizaje (una competencia de \$7 millones para ayudar a los alumnos adultos que luchan contra el analfabetismo y otra de \$15 millones para motivar a los niños a tomar el control de su propio aprendizaje), ninguno se enfoca específicamente en el desarrollo de soluciones basadas en AIEd. En conclusión, hay una gran brecha que debe llenarse.

Por otra parte, los premios prácticos a los retos de esta área deberían ser más acerca de la construcción de consciencia y movimiento como soluciones resultantes. Después de todo, aún hay mucho trabajo que hacer para transmitir la gran utilidad de la AIEd a los padres, responsables políticos, docentes y alumnos.

Dicho enfoque ha sido tomado por la agencia británica de innovación Nesta, la cual creó gran interés en los medios de comunicación por su Premio de Longitud de £10 millones, el cual, como resultado del voto público, se enfocó eventualmente en el grave problema global de resistencia a los antibióticos.



## Aprendiendo de DARPA

En la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa de los Estados Unidos (DARPA) están los mejores talentos en diversos campos dirigiendo investigaciones básicas para resolver problemas reales que son tanto relevantes como ambiciosos. Las metas son claras, pero aún no se sabe cómo llegar a ellas.

Crear centros similares de experiencia independiente e interdisciplinaria en AIED con financiamiento a largo plazo y enfocado a la capacidad de entrega en el mundo real nos permitiría cruzar el abismo entre la investigación básica y la aplicada, y proporcionaría el financiamiento a largo plazo y la ambición necesarios.

Una meta esencial para estas agencias debería ser la creación de una infraestructura técnica que permita el desarrollo de un ecosistema de innovación de AIED. Esto podría incluir estándares de interoperabilidad que le permita a los investigadores y desarrolladores compartir y construir a partir del trabajo de otros.

Ellos también deberían buscar el desarrollo de las capacidades que se pueden volver a aplicar en múltiples solicitudes de AIED. Por ejemplo, al momento de que cada solicitud de AIED tenga que desarrollar su propio modelo de aprendizaje, lo que puede tomar hasta un año de esfuerzo. El desarrollo de un modelo de aprendizaje al que se pueda recurrir por solicitudes separadas atajaría esfuerzos duplicados y permitiría la creación de entornos informativos más grandes.

Estos, a su vez, permitirían técnicas de aprendizaje más profundas para extender y refinar el modelo de aprendizaje de modo que sea útil para un número creciente de tipos y contextos de aprendizaje.

En un informe al respecto, es sorprendente que la mayoría de los usos más “exitosos” de la AIED han sido desarrollados por la milicia de los Estados Unidos. Por ejemplo, la Armada estadounidense es un ambiente de aprendizaje virtual inteligente que utiliza un formato de AI de videojuego digital de disparos en primera persona para permitir que los jóvenes experimenten ser soldados de manera virtual. Se ha utilizado con éxito desde 2002 tanto para reclutar como herramienta pedagógica y envolvente para el entrenamiento.

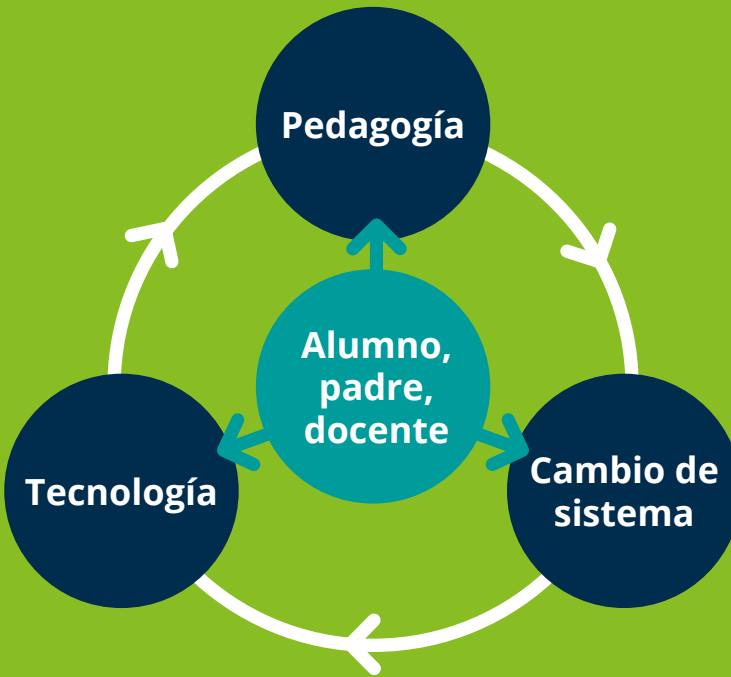
Igualmente, DARPA ha desarrollado un tutor digital para permitirles a los trabajadores técnicos de la naval el desarrollo de habilidades para resolver problemas técnicos complejos. Se ha informado que es mucho más efectivo que el aprendizaje tradicional en el salón de clases.<sup>70</sup>

Imagine lo que podemos lograr si ponemos ese mismo esfuerzo para mejorar nuestras escuelas, universidades y escuelas técnicas con AIED apropiadamente investigada e integralmente evaluada.

## Cambio de sistema



La AIEd tendrá que funcionar en espacios de aprendizaje combinado donde se complementen la tecnología digital y las actividades tradicionales del salón de clases. Ser conscientes de esto significaría solucionar el ‘desastre’ de los salones de clases, universidades o ambientes de aprendizaje laboral reales, y los docentes y los alumnos se involucrarían en el diseño de la AIEd para que nuestro diagrama se muestre del siguiente modo:



Sin embargo, se le ha dado poca atención al diseño y a la descripción de cómo encaja concretamente la AIEd dentro de la experiencia vivida en alumnos y docentes reales.



Hay incluso menos atención a ofrecer el respaldo profesional apropiado para permitirle a los educadores el cumplimiento de estos modelos de aprendizaje rediseñados.

También necesitamos mejores evidencias acerca de lo que funciona en AIEd cuando se implemente en salones de clases reales y universidades; después de todo, ¿cómo podemos pedir que la AIEd aborde los grandes problemas de la educación o pedirle a los dueños del sistema que tomen la AIEd en serio si no ofrecemos también las intenciones de permitirnos establecer si lo propuesto funciona o no?

### Recomendaciones

- Involucre a los docentes, los estudiantes y los padres para asegurar que los futuros sistemas de AIEd cumplan con sus necesidades (un proceso de participación diseñada que guiará a mejores productos de AIEd, al mayor conocimiento de los docentes acerca de los procesos de aprendizaje y a mayor número de alumnos exitosos).
- Tome el siguiente paso para repetir y evaluar inteligentemente las aplicaciones de AIEd en un contexto real.
- Desarrolle estándares informativos que prioricen tanto la compartición de la información como la ética del uso de la misma.

...

No subestimemos el nuevo pensamiento, los errores inevitables y el esfuerzo requerido para cumplir con estas recomendaciones. No obstante, si se quiere liberar de manera apropiada la inteligencia de la AIEd, debemos hacer cosas diferentes a través de nuevas colaboraciones, financiamiento razonable y (siempre) una mirada aguda a la pedagogía. El premio potencial es muy grande como para actuar de otro modo.

## Referencias

- 1 (26 de julio, 2006). *AI set to exceed human brain power*. Recuperado de <http://www.CNN.com>
- 2 (2005). ODE: El diccionario Oxford de Inglés (Diccionarios Oxford en línea). Oxford: Oxford University Press. Y Russell, S. J., Norvig, P., & Davis, E. *Artificial intelligence: A modern approach*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- 3 Con algunos sistemas, conocidos como "Robo Consejeros", los algoritmos crean una cartera de inversiones adecuada para el perfil individual de un inversionista (incluyendo, por ejemplo, sus objetivos de inversión y su actitud ante el riesgo) y luego pueden manejar esa cartera, mientras realizan decisiones independientes a diario. Recuperado de <http://www.forbes.com/sites/robertberger/2015/02/05/7-robo-advisors-that-make-investing-effortless/#1e029bcf7e48>
- 4 Bennett, C. C., & Hauser, K. (2013). "Artificial Intelligence Framework for Simulating Clinical Decision-Making: A Markov Decision Process Approach". *Artificial Intelligence in Medicine*. 57(1),9-19.
- 5 Recuperado de <https://openai.com/blog/introducing-openai/>
- 6 Vinge, V. (1993). Vernor Vinge on the singularity. Presentado en el Simposio de VISION-21 patrocinado por el Centro de Investigaciones Lewis de la NASA y el Instituto Aeroespacial de Ohio.
- 7 Hawking, S., Russell, S., Tegmark, M., & Wilczek, F. (2014). Transcendence looks at the implications of artificial intelligence - but are we taking AI seriously enough? Recuperado de <http://www.independent.co.uk/news/science/stephen-hawking-transcendence-looks-at-the-implications-of-artificial-intelligence--but-are-we-taking-ai-seriously-enough-9313474.html>
- 8 Vinge, V. (1993). Vernor Vinge on the singularity. Presentado en el Simposio de VISION-21 patrocinado por el Centro de Investigaciones Lewis de la NASA y el Instituto Aeroespacial de Ohio.
- 9 Frey, C. B., Osborne, M. A. (2013). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation.
- 10 Autor, D. y Dorn, D. (2013). "The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market." *American Economic Review* 103(5): 1553-1597. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.103.5.1553>
- 11 Goldin, C. & Katz, L. F. (2010). *The race between education and technology*. Cambridge: Harvard University Press.
- 12 Ford, M. (2015). *Rise of the robots: Technology and the threat of a jobless future*. Basic Books.
- 13 Self, J. (1999). "The Defining Characteristics of Intelligent Tutoring Systems Research: ITs Care, Precisely". *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIEd)*. 10, 350-364.
- 14 Vanlehn, K., Lynch, C., Schulze, K., Shapiro, J. A., Shelby, R., Taylor, L., ... & Wintersgill, M. (2005). "The Andes Physics Tutoring System: Lessons Learned". *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 15(3), 147-204.
- 15 Brown, J. S. & Burton, R. R. (1978). "Diagnostic Models for Procedural Bugs in Basic Mathematical Skills". *Cognitive Science*. 2, 155-191.
- 16 Recuperado de <http://www.italk2learn.eu>
- 17 Grawemeyer, B., Mavrikis, M., Holmes, W., & Gutiérrez-Santos, S. (2015). Tipos de comentarios adaptados de acuerdo con el estado emocional de los estudiantes. En Conati, C., Heffernan, N., Mitrovic, A., & Verdejo, M. F. (Eds.). 17va Conferencia Internacional de la Inteligencia Artificial en la Educación, AIED 2015. Madrid, España, 22-26 junio, procesos 2015 (Vol. 9112). Madrid, España: Springer International Publishing.
- 18 Litman, D. (2009). Language processing in AIED: Successes and challenges. Presentado en el Panel de la Evolución de AIED @ AIED09. Brighton, Reino Unido.
- 19 Dimitrova, V., Mccalla, G., Bull, S. (2007). Prefacio: "Open Learner Models: Future Research Directions". *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. Número especial de IJAIEd (Parte 2).
- 20 Du Boulay, B., Rebolledo-Mendez, G., Luckin, R., Martínez-Mirón, E., & Harris, A. (2007). "Motivationally Intelligent Systems: Diagnosis and Feedback". In: AIED. 563-565
- 21 Johnson, W. L., Valente, A. (2009). "Tactical Language and Culture Training Systems: Using AI to Teach Foreign Languages and Cultures". *AI Magazine*. 30 (2), 72.
- 22 Dillenbourg, P., Baker, M. J., Blaye, A., & O'Malley, C. (1995). The evolution of research on collaborative learning. En Reimann, P. & Spada, H. (Eds.) *Learning in humans and machine: Towards an interdisciplinary learning science* (pp. 189-211). Bingley: Emerald.
- 23 Slavin, R. E. (2010). Co-operative learning: what makes group-work work. En Hanna, D., David, I., & Francisco, B. (Eds.), *The nature of learning: Using research to inspire practice* (pp. 161-178). Chicago: OECD Publishing.



- 24** Ibid.
- 25** Muehlenbrock, M. (2006). "Learning Group Formation Based on Learner Profile and Context". *International Journal on elearning*. 5(1), 19.
- 26** McLaren, B. M., Scheuer, O., & Mikšátko, J. (2010). "Supporting Collaborative Learning and e-Discussions Using Artificial Intelligence Techniques". *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 20(1), 1–46.
- 27** Upton, K., & Kay, J. (2009). Narcissus: group and individual models to support small group work. En Houben, G., McCalla, G., Pianesi, F., & Zancanaro, M. *User modeling, adaptation, and personalization* (pp. 54-65). Berlin Heidelberg: Springer.
- 28** Vizcaíno, A. (2005). "A Simulated Student Can Improve Collaborative Learning". *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 15(1), 3–40.
- 29** Se puede encontrar una muestra de este tipo de agente virtual en el cerebro de Betty (<http://www.teachableagents.org/research/bettysbrain.php>), un ambiente de aprendizaje computarizado que se desarrolló en la Universidad de Vanderbilt.
- 30** De Laat, M., Chamrada, M., & Wegerif, R. (2008). Facilitate the facilitator: Awareness tools to support the moderator to facilitate online discussions for networked learning. En: *Proceedings of the 6th International Conference on Networked Learning* (pp. 80–86).
- 31** Barab, S. A., Gresalfi, M., & Ingram-Goble, A. (2010). "Transformational Play: Using Games to Position Person, Content, and Context". *Educational Researcher*. 39(7), 525–536.
- 32** Hassani, K., Nahvi, A., & Ahmadi, A. (2013). Design and implementation of an intelligent virtual environment for improving speaking and listening skills. *Interactive Learning Environments* (pp. 1–20).
- 33** Dede, C. (2009). "Immersive Interfaces For Engagement and Learning". *Science*, 323(5910), 66-69.
- 34** Vannini, N., Enz, S., Sapouna, M., Wolke, D., Watson, S., Woods, S., ... & Aylett, R. (2011). "'FearNot!': A Computer-Based Anti-Bullying-Programme Designed to Foster Peer Intervention. *European Journal of Psychology of Education*. 26(1), 21-44.
- 35** Véase, por ejemplo, Traum, D., Rickel, J., Gratch, J. & Marsella, S. (2003). Negotiation over tasks in hybrid human-agent teams for simulation-based training. In Proceedings of the Second International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems. 441-448 ACM.
- 36** Sarkis, H. (2004). Cognitive Tutor Algebra 1 program evaluation, Miami-Dade County Public Schools. Lighthouse Point, FL: The Reliability Group.
- 37** Upton and Kay, 2009.
- 38** Kaminska, I. (25 de junio, 2015). *Innovating fast or slow? Gates vs Wolf edition*. Recuperado de <http://ftalphaville.ft.com/tag/technology/>
- 39** Recuperado de [http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA\\_NewVisionforEducation\\_Report2015.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_NewVisionforEducation_Report2015.pdf)
- 40** Luckin, R. (2010). *Re-designing learning contexts: Technology-rich, learner-centred ecologies*. Londres: Routledge.
- 41** Hill, P. & Barber, M. (2014). *Preparing for a renaissance in assessment*. Londres: Pearson.
- 42** DiCerbo, K. E. & Behrens, J. T. (2014). *Impacts of the digital ocean on education*. Londres: Pearson.
- 43** Hill & Barber. (2014). DiCerbo, K. (17 de diciembre, 2014). *Why an assessment renaissance means fewer tests*. Recuperado de <http://researchnetwork.pearson.com/digital-data-analytics-and-adaptivelearning/assessment-renaissance-means-fewertests>
- 44** Howard-Jones, P., Holmes, W., Demetriou, S., Jones, C., Tanimoto, E., Morgan, O. & Davies, N. (2014). "Neuroeducational Research in the Design and Use of a Learning Technology. *Learning, Media and Technology*. 40(2), 1–20.
- 45** Véase, por ejemplo, Dweck, C. S., & Leggett, E. L. (1988). "A Social-Cognitive Approach to Motivation and Personality". *Psychological Review*. 95(2), 256-73 o Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The new psychology of success*. Nueva York: Random House.
- 46** Dweck, C. S. (2010). "Even Geniuses Work Hard". *Educational Leadership*. 68(1), 16-20.
- 47** Recuperado de <http://www.mindsetnetworks.com/brainology/>
- 48** Harris, A., Bonnett, V., Luckin, R., Yuill, N., & Avramides, K. (2009). Scaffolding effective helpseeking behaviour in mastery and performance oriented learners. En Dimitrova, V., Mizoguchi, R., Du Boulay, B., & Graesser, A. C. (Eds.) AIED 2009, *Frontiers in artificial intelligence and applications* (pp. 425-432). 200, IOS Press.

## Referencias

- 49** Cole, M. (1996). *Cultural psychology: A once and future discipline*. Harvard University Press.
- 50** Véase, por ejemplo, Chan, T. W. (1991). Integration-kid: A learning companion system. En Mylopoulos, J. & Reiter, R. (Eds.) Proceedings of the 12th International Conference on Artificial Intelligence. 2,1094-1099. Australia, Morgan: Kaufmann Publishers, Inc.
- 51** Bostrom, N., Yudkowsky, E. (2013). *The ethics of artificial intelligence*. Cambridge: Cambridge University Press.
- 52** (1ro de octubre de 2010) *What caused the flash crash? One big, bad trade*. The Economist Online. Recuperado de <http://www.economist.com>.
- 53** Lindgren, R., & Johnson-Glenberg, M. (2013). "Emboldened by Embodiment Six Precepts for Research on Embodied Learning and Mixed Reality. *Educational Researcher*. 42(8), 445-452.
- 54** Graesser, A. C., Chipman, P., King, B., McDaniel, B., & D'Mello, S. (2007). Emotions and learning with autotutor. En Luckin, L. Koedinger, K. & Greer, J. (Eds.) *Frontiers in artificial intelligence and Applications*. 158, 569-571. IOS Press.
- 55** Conroy, M. & Rothstein, R. (15 de enero de 2013). *International test show achievement gaps in all countries, with big gains for U.S. disadvantaged students*. Recuperado de <http://www.epi.org>
- 56** Hanushek, E. A. & Woessmann, L. (2010). *The high cost of low educational performance: The long-run economic impact of improving PISA outcomes*. París: OECD.
- 57** Kuczera, M., Field, S. & Windisch, H. C. (2016). *Building skills for all: A review of England*. París: OECD.
- 58** Bertram, T. & Pascal, C. (2014). *Early years literature review*. Recuperado de <https://www.early-education.org.uk/sites/default/files/CREC%20Early%20Years%20Lit%20Review202014%20for%20EE.pdf>
- 59** Paton, G. (16 de octubre de 2014). *Four-in-10 children 'not ready for school' at the age of five*. The Telegraph. Recuperado de <http://www.telegraph.co.uk/>
- 60** Un término utilizado en psicología y sociología que hace referencia a un verso del gospel según Mateo (XXV, 29), "Porque a todo el que tiene, más se le dará, y tendrá en abundancia; pero al que no tiene, aún lo que tiene se le quitará".
- 61** Recuperado de <https://www.tes.com/teaching-resources>
- 62** Recuperado de <https://www.teacherspayteachers.com/>
- 63** House of Commons Library. (2015). Docentes: Indicadores sociales. SN/SG/2626
- 64** UNESCO. (2015). *Sustainable development goal for education cannot advance without more teachers*. Hoja informativa UIS Nro. 33. Recuperado de <http://www.uis.unesco.org/Education/Documents/fs33-2015-teachers.pdf>
- 65** Recuperado de <https://www.theschoolinthecloud.org/>
- 66** Goldin and Katz, 2010
- 67** Mayer-Schönberger, V., & Cukier, K. (2013). *Big data: A revolution that will transform how we live, work, and think*. Nueva York: Houghton Mifflin Harcourt.
- 68** Fullan, M., & Donnelly, K. (2013). *Alive in the swamp: Assessing digital innovations in education*. Londres: Nesta.
- 69** Levy, F., & Murnane, R. J. (2004). *The New Division of Labor: How Computers Are Creating the Next Job Market*. Princeton University Press.
- 70** Fletcher, J. D. & Morrison, J. E. (2012). *DARPA digital tutor: Assessment data*. Alexandria, VA: Institute for Defense Analyses. Recuperado de <http://www.acuitus.com/web/pdf/D4686-DF.pdf>



**Pearson**  
80 Strand  
London  
WC2R 0RL

[www.pearson.com](http://www.pearson.com)

**Únase a la conversación**  
@Pearson  
#Openideas