



# Marco conceptual para la evaluación del aprendizaje en el mundo digital

OECD - PISA 2023  
Traducción PISA Uruguay - ANEP



**ANEP**

ADMINISTRACIÓN  
NACIONAL DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA





# Marco conceptual para la evaluación del aprendizaje en el mundo digital

OECD - PISA 2023  
Traducción PISA Uruguay - ANEP



**ANEP**

ADMINISTRACIÓN  
NACIONAL DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA

PISA Uruguay  
Marco de evaluación del aprendizaje en el mundo digital

Administración Nacional de Educación Pública  
Consejo Directivo Central  
Dirección Sectorial de Planificación Educativa  
Programa PISA Uruguay

Corrección de estilo: Gabriela Basaldúa  
Diseño gráfico: Diego Cadenas

ISBN: 978-9974-887-90-9

Octubre de 2024



**ANEP**

ADMINISTRACIÓN  
NACIONAL DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA

## AUTORIDADES

### **Consejo Directivo Central**

Presidenta - Dra. Virginia Cáceres  
Consejero - Dr. Juan Gabito Zóboli  
Consejera - Prof. Dora Graziano Marotta  
Consejero electo - Prof. Julián Mazzoni  
Consejera electa - Mag. Daysi Iglesias

### **Dirección General de Educación Inicial y Primaria**

Directora General - Mtra. Mag. Olga de las Heras Casaballe  
Subdirector - Lic. Mtro. Eduardo García Teske

### **Dirección General de Educación Secundaria**

Directora General - Prof. Lic. Jenifer Cherro Pintos  
Subdirectora - Dra. Mag. Maris Montes Sosa

### **Dirección General de Educación Técnico Profesional**

Director General - Prof. Ing. Agr. Juan Pereyra de León  
Subdirectora - Dra. Laura Otamendi Zakarián

### **Consejo de Formación en Educación**

Presidente - Prof. Víctor Pizzichillo Hermín  
Consejera - Prof. Mtra. Ma. del Carmen dos Santos Farías  
Consejera - Lic. Patricia Revello Silveira  
Consejera Docente - Prof. Nirian Carbajal Rodríguez  
Consejero Estudiantil - Joaquín Dauson

### **Dirección Ejecutiva de Políticas Educativas (Codicen)**

Directora Ejecutiva - Dra. Adriana Aristimuño

### **Dirección Sectorial de Planificación Educativa**

Directora - Dra. Adriana Aristimuño

### **Programa PISA Uruguay**

Coordinadora Nacional - Mag. Laura Noboa

El uso de un lenguaje que no discrimine ni marque diferencias entre hombres y mujeres es de relevancia para el trabajo del equipo coordinador de este documento. En tal sentido, y con el fin de evitar la sobrecarga gráfica que supondría utilizar en español o/a para marcar la existencia de ambos sexos, se ha optado por emplear el masculino genérico, aclarando que todas las menciones en tal género en este texto representan siempre a hombres y mujeres (Resolución 3628/021, Acta n.º 43, Exp. 2022-25-1-000353, 8 de diciembre de 2021).

# Tabla de contenido

1. Introducción. La importancia del aprendizaje en el mundo digital .....	11
1.1. ¿Cómo está cambiando el aprendizaje en un mundo cada vez más digital? .....	11
1.2. ¿Cómo evaluará PISA 2025 el aprendizaje en el mundo digital? .....	12
1.3. ¿Por qué evaluar el aprendizaje en el mundo digital en PISA 2025?.....	12
2. Perspectivas sobre el aprendizaje en el mundo digital .....	15
2.1. Una base en la teoría del constructivismo social .....	15
2.2. El mundo digital como contexto productivo para el aprendizaje constructivista social...16	
2.2.1. Diferentes usos de las TIC para el aprendizaje.....	16
2.2.2. Fomentar un aprendizaje más profundo mediante herramientas informáticas ..18	
3. Definición del dominio en PISA.....	19
3.1. Enfoque del ámbito de evaluación: investigación científica y resolución de problemas mediante herramientas informáticas.....	19
3.2. La definición de PISA 2025 del aprendizaje en el mundo digital.....	20
3.2.1. Competencias.....	22
3.2.2. Conocimientos .....	25
3.2.3. Actitudes y creencias.....	26
4. La estrategia de evaluación de PISA.....	27
4.1. Modelo de competencias .....	28
4.1.1. Prácticas de investigación computacional y científica .....	29
4.1.2. Monitorización metacognitiva y procesos de regulación cognitiva.....	30
4.1.3. Procesos de regulación no cognitivos .....	31
5. Evaluar el aprendizaje en el mundo digital: diseño de pruebas y enfoque de la medición .....	33
5.1. Enfoque de medición y puntuación.....	33
5.1.1. Reglas de evidencia para las prácticas computacionales y de indagación científica.....	33
5.1.2. Reglas de evidencia para los procesos de monitorización metacognitiva y regulación cognitiva .....	41
5.1.3. Medición de los procesos de regulación no cognitiva .....	46
5.1.4. Contabilización de la preparación inicial de los estudiantes en la prueba.....	46
5.2. Consideraciones sobre el diseño de la unidad: entorno de pruebas y asequibilidad ...	47
5.2.1. Entornos digitales de aprendizaje.....	47

5.2.2. Facilidades y recursos para el aprendizaje .....	49
5.3. Diseño de pruebas y estructura unitaria.....	51
5.3.1. Distribución de unidades y tareas .....	51
5.3.2. Estructura de las unidades.....	52
5.4. Enfoque de análisis e información .....	54
5.4.1. Puntuaciones escalonadas de rendimiento .....	55
5.4.2. Medidas de aprendizaje en el examen .....	56
5.4.3. Indicadores de los procesos de regulación no cognitiva de los estudiantes .....	56
5.4.4. Indicadores de las experiencias, actitudes y disposiciones de los estudiantes hacia el aprendizaje con recursos digitales .....	57
Referencias bibliográficas.....	59
Anexo. Descripción detallada de las unidades de ensayo prototipo.....	67

## Tablas

Tabla 1. Resumen de los diferentes tipos de uso de las TIC para el aprendizaje en la educación .	17
Tabla 2. Conocimientos que sustentan las prácticas de cálculo e investigación científica .....	25
Tabla 3. Modelo de evidencia preliminar para las prácticas de indagación computacional y científica: Descomponer problemas y reconocer patrones.....	34
Tabla 4. Modelo de evidencia preliminar para las prácticas de indagación computacional y científica: Realizar experimentos y analizar datos .....	37
Tabla 5. Modelo de evidencia preliminar para las prácticas de indagación computacional y científica: Construir y depurar computacionalmente artefactos.....	39
Tabla 6. Modelo de evidencia preliminar para los procesos de monitorización metacognitiva y regulación cognitiva: monitorizar el progreso y adaptar .....	42
Tabla 7. Modelo de evidencia preliminar para los procesos de monitorización metacognitiva y regulación cognitiva: evaluar el conocimiento y el rendimiento.....	45

## Figuras

Figura 1. Componentes del aprendizaje en el mundo digital .....	21
Figura 2. Competencias de aprendizaje en el mundo digital de PISA 2025: aprendizaje autorregulado .....	23
Figura 3. Competencias de aprendizaje en el mundo digital de PISA 2025: prácticas de cálculo e investigación científica.....	24
Figura 4. Modelo de competencias para la evaluación del aprendizaje en el mundo digital de PISA 2025.....	29
Figura A1. Elementos clave de la interfaz de programación por bloques .....	67
Figura A2. Página de introducción estática de la unidad prototipo «Karel».....	69
Figura A3. Ejemplo de pregunta estática de opción múltiple de la prueba previa	

sobre secuencias.....	69
Figura A4. Ejemplo de página tutorial con botones interactivos.....	70
Figura A5. Ejemplo de página tutorial de introducción al constructor de soluciones basado en bloques.....	71
Figura A6. Ejemplo de tarea en el centro de aprendizaje.....	72
Figura A7. Ejemplo de pantalla inicial del sistema de ayuda multinivel.....	73
Figura A8. Ejemplo de tarea «gran reto» en la unidad «Karel».....	74
Figura A9. Ejemplo de tarea de descomposición en la fase del gran reto .....	74
Figura A10. Visual de la interfaz del mapa conceptual («Modeliza»).....	76
Figura A11. Visual de la interfaz de la herramienta de pruebas («Compara») .....	77
Figura A12. Página de introducción estática de la unidad prototipo «¡Me gusta!» .....	78
Figura A13. Ejemplo de la tarea «gran reto» de la unidad «¡Me gusta!» .....	80

# 1. Introducción. La importancia del aprendizaje en el mundo digital

## 1.1. ¿Cómo está cambiando el aprendizaje en un mundo cada vez más digital?

El aprendizaje es un proceso activo y participativo. Puede adoptar muchas formas, pero un aprendizaje más profundo —es decir, ser capaz de aplicar lo aprendido, relacionar ideas relevantes y extenderlas a otros ámbitos— depende de que los estudiantes asuman un papel activo en el desarrollo de su conocimiento y comprensión emergentes.

Las tecnologías digitales de aprendizaje están transformando radicalmente la forma de aprender de las personas de varias maneras: proporcionan una autonomía significativa a los estudiantes, configuran la forma en que las personas interactúan con los recursos de aprendizaje e influyen profundamente en la forma en que los individuos dan sentido a su realidad. También sientan las bases de nuevas y más potentes formas de aprendizaje independiente y resolución de problemas al combinar la investigación humana con la potencia informática, permitiendo a las personas perfeccionar y desarrollar sus habilidades, analizar y organizar la información y colaborar con otros.

Las herramientas informáticas proporcionan un entorno interactivo en el que los estudiantes pueden construir representaciones tangibles de sus ideas y conocimientos emergentes. Estas representaciones —por ejemplo, programas o modelos informáticos— generan una retroalimentación inmediata que los estudiantes pueden utilizar para cuestionar su comprensión y desarrollar soluciones iterativas a los problemas. Por tanto, estas herramientas amplían radicalmente las formas en que los individuos pueden explorar y experimentar con sus ideas y conocimientos, ofreciendo oportunidades para experiencias de aprendizaje más activas y auténticas.

Aprovechar el poder de la tecnología computacional de este modo ha resultado excepcionalmente productivo para avanzar en el conocimiento y la comprensión y resolver problemas complejos en diversos campos, desde las ciencias duras (por ejemplo, secuenciación y edición del ADN) hasta las humanidades (por ejemplo, datación de objetos antiguos), y desde el ámbito profesional formal (por ejemplo, análisis de grandes conjuntos de datos) hasta el personal cotidiano (por ejemplo, planificación de un viaje). En la comunidad educativa, herramientas informáticas como Scratch, NetLogo y Code.org han creado comunidades de aprendizaje globales. Millones de estudiantes y profesionales de la educación secundaria (y primaria) utilizan estas herramientas para explorar y visualizar activamente conceptos complejos, y para construir, crear y compartir objetos personalizados de su aprendizaje.

A pesar de su potencial para ofrecer experiencias de aprendizaje centradas en el estudiante, la enseñanza sobre el uso de la tecnología digital para el aprendizaje suele centrarse en aspectos limitados de la alfabetización informática. Incluso cuando se les ofrecen oportunidades de aprendizaje basado en la investigación o el descubrimiento con la tecnología,

los estudiantes pueden encontrarse con importantes retos relacionados con la forma en que gestionan sus propios procesos de aprendizaje. Ser un buen estudiante autorregulado es, por tanto, especialmente importante en entornos digitales abiertos e interactivos que invitan a los estudiantes a construir su propia comprensión.

## **1.2. ¿Cómo evaluará PISA 2025 el aprendizaje en el mundo digital?**

La evaluación PISA 2025 medirá la capacidad de los estudiantes para resolver problemas abiertos y ampliar sus conocimientos y comprensión mediante el uso de la tecnología en un proceso de aprendizaje autónomo. En cada unidad de 30 minutos, los estudiantes trabajarán para un objetivo de aprendizaje en un entorno de aprendizaje abierto, con andamiaje e interactivo, que les proporciona herramientas informáticas y recursos de aprendizaje. La evaluación se basa en un enfoque social constructivista del aprendizaje que hace hincapié en el proceso activo e iterativo de descubrimiento mediante la interacción con herramientas y recursos externos, en este contexto, herramientas informáticas. Los estudiantes progresarán a través de tareas cada vez más complejas en las que demostrarán hasta qué punto pueden combinar eficazmente lo que ya saben y pueden hacer, con las oportunidades de aprendizaje que les brinda la tecnología.

Los resultados de la evaluación PISA 2025 no solo proporcionarán perspectivas comparables a escala internacional sobre el grado en que los estudiantes de todo el mundo pueden dar sentido a fenómenos complejos y resolver problemas utilizando herramientas computacionales, sino también sobre el grado en que los estudiantes lo hacen participando en un proceso productivo de aprendizaje autorregulado. Este enfoque en las habilidades de aprendizaje autónomo está en estrecha alineación con los objetivos de la educación del siglo XXI, como se define en el Marco de Aprendizaje 2030 de la OECD (OECD, 2019b), y tiene la intención de producir medidas multidimensionales de rendimiento que reflejen mejor lo que los estudiantes pueden lograr en situaciones de la vida real donde las oportunidades de aprender están disponibles.

## **1.3. ¿Por qué evaluar el aprendizaje en el mundo digital en PISA 2025?**

Un objetivo fundamental de todo sistema educativo es desarrollar las capacidades de aprendizaje de los estudiantes. Cada vez se reconoce más que, en todas las asignaturas, los estudiantes pueden desarrollar habilidades de aprendizaje autónomo si se les dan oportunidades para explorar y experimentar activamente con sus ideas. Algunas disciplinas en particular, como las ciencias y las asignaturas STEM más amplias (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), han pasado en la última década de «aprender sobre» a «hacer» ciencia, promoviendo a su vez contextos de aprendizaje y práctica más activos basados en la indagación y los problemas (OECD, 2019a; 2020).

Tanto en los contextos de aprendizaje formal como informal, el aprendizaje y la resolución de problemas implicarán cada vez más a la tecnología, lo que significa que los jóvenes deben estar preparados para utilizar, participar y contribuir eficazmente a su mundo digital. Por tanto, ser capaz de aprender y resolver problemas con la tecnología se ha convertido en una premisa fundamental para que los jóvenes participen con éxito en todas las esferas de la vida, incluida la educativa, profesional, social, cultural y cívica. La investigación

también ha demostrado que ser capaz de utilizar de forma productiva las herramientas digitales para resolver problemas puede promover otras áreas de desarrollo personal y social, incluyendo la autonomía del estudiante, la superación del fracaso para lograr el éxito, y una mentalidad de creatividad, curiosidad, apertura y persistencia (Clapp et al., 2017).

En lo que refiere a sistemas, muchos países han realizado en los últimos años grandes inversiones para integrar la tecnología digital en la enseñanza y el aprendizaje, inversiones que se han visto aceleradas por la pandemia mundial de covid-19, que ha obligado a cerrar escuelas y a cambiar masivamente al aprendizaje en línea, afectando a millones de estudiantes de todo el mundo. Sin embargo, la comunidad educativa mundial no dispone actualmente de muchos datos sobre si estas inversiones han sido en última instancia productivas para el aprendizaje, ni sobre si los estudiantes han desarrollado las competencias que necesitan para aprender de forma autónoma con la tecnología. La investigación y los datos subrayan que la mera presencia de la tecnología no basta para garantizar unos resultados de aprendizaje eficaces y más profundos. De hecho, un hallazgo sorprendente de los datos de PISA en los últimos ciclos es que los estudiantes que utilizan computadoras con mucha frecuencia en la escuela obtienen peores resultados en la mayoría de las evaluaciones de aprendizaje que otros estudiantes, incluso después de tener en cuenta el origen socioeconómico de los estudiantes. Esta conclusión apunta a la existencia de grandes asimetrías en la *calidad de la educación digital*, tanto entre países como dentro de un mismo país, y a que se necesita más información sobre cómo y con qué fines utilizan los estudiantes y los profesores la tecnología en las aulas.

La evaluación PISA 2025 del aprendizaje en el mundo digital mejorará los datos y análisis existentes de PISA mediante el desarrollo de una medida más directa de las competencias que los estudiantes necesitan dominar para aprender con la tecnología, así como la recopilación de información contextual más completa sobre las actividades de aprendizaje digital que los estudiantes realizan tanto dentro como fuera del aula. Por lo tanto, PISA 2025 ofrece una oportunidad única para medir y comparar la eficacia de los distintos enfoques nacionales a la hora de ofrecer oportunidades a los estudiantes para desarrollar las competencias que necesitan para utilizar las herramientas digitales como aprendices autónomos, y para abordar la actual falta de pruebas comparables a escala internacional sobre este importante tema. Los instrumentos internacionales de recopilación y análisis de datos de alta calidad pueden orientar a los responsables políticos a la hora de facilitar la transición a una educación con capacidad digital y ayudar a los profesores sobre el terreno a definir sus propios objetivos y procesos para integrar mejor la tecnología en el aula.



## 2. Perspectivas sobre el aprendizaje en el mundo digital

### 2.1. Una base en la teoría del constructivismo social

Las teorías constructivistas del aprendizaje se centran en la idea de que los estudiantes construyen y reconstruyen activamente su base de conocimientos (Bodner, 1986; Collins et al., 1989). El constructivismo evolucionó a partir de los trabajos de Jean Piaget (por ejemplo, 1971, 1976), quien consideraba que el conocimiento era el producto de la experiencia personal, en la que la nueva información se incorpora a los conocimientos y esquemas mentales preexistentes, en lugar del producto de la información que se recibe, codifica, memoriza, recupera y aplica (Ackermann, 2001). Esta idea fundamental se refleja en los enfoques modernos de la enseñanza y el diseño didáctico —como la «pedagogía centrada en el estudiante», el «aprender haciendo», el «aprendizaje basado en la indagación» o el «aprendizaje basado en proyectos»—, que han dejado de considerar a los estudiantes como «recipientes vacíos» en los que se pueden verter conocimientos ya elaborados y, en su lugar, hacen hincapié tanto en el papel activo de los estudiantes en la construcción de sus propias representaciones y significados como en la importancia de sus conocimientos y experiencias previas. Desde estas perspectivas, la enseñanza se considera un proceso dirigido a ayudar a los estudiantes a construir su propio conocimiento, en lugar de la transmisión de conocimientos por parte de un profesor para que sean consumidos por los estudiantes.

Los constructivistas sociales ampliaron estas ideas y subrayaron la importancia del contexto social y de la interacción en el aprendizaje. El constructivismo social considera el aprendizaje como un proceso situado que está íntimamente ligado al contexto sociocultural de las experiencias del individuo. El conocimiento no se construye solo y en el vacío, sino que se «coconstruye» a través de interacciones socialmente negociadas con otras personas u objetos. Por tanto, toda experiencia de aprendizaje está mediada por las herramientas y los métodos de comunicación que intervienen en dichas interacciones. Según Vygotsky (1978), la «zona de desarrollo próximo» representa la brecha entre lo que un individuo sabe y puede hacer de forma independiente y lo que es capaz de aprender con la ayuda de otros, especialmente de los que tienen más conocimientos.

El constructivismo comparte esta visión del aprendizaje como construcción activa del propio conocimiento, pero hace hincapié en la importancia de construir conocimientos externos y compartidos (Papert, 1986). Esto se ve subrayado por la creencia de que el aprendizaje se produce mejor cuando los estudiantes crean artefactos tangibles que representan su conocimiento y comprensión emergentes, y que es más probable que los estudiantes se comprometan intelectualmente cuando trabajan en un proyecto personalmente significativo. Durante el proceso de construcción de un artefacto, el estudiante pone en práctica ideas, conceptos y destrezas que se irán desarrollando a medida que interactúe con el artefacto e itere con él. Los estudiantes también pueden enfrentarse a problemas a lo largo de todo el proceso de construcción para los que tienen que implicarse en la resolución de problemas complejos (y quizá multidisciplinares).

En resumen, todos estos enfoques del aprendizaje hacen hincapié en el papel activo de los estudiantes en la construcción de su propio conocimiento y comprensión, así como en la importancia del pensamiento crítico y la resolución de problemas, las experiencias de aprendizaje auténticas, la negociación social del conocimiento y el cambio del papel de los profesores hacia el de facilitadores del aprendizaje en lugar de difusores de información (Kaffash et al., 2010).

## **2.2. El mundo digital como contexto productivo para el aprendizaje constructivista social**

### **2.2.1. Diferentes usos de las TIC para el aprendizaje**

Los entornos digitales de aprendizaje abiertos presentan contextos especialmente productivos para el aprendizaje constructivista, ya que no solo proporcionan a los estudiantes nuevas formas de recibir información, sino también herramientas interactivas que pueden utilizar para descubrir, interpretar y crear activamente nuevos significados. Además, los contextos de aprendizaje digital pueden proporcionar a los estudiantes acceso a abundantes recursos, información inmediata sobre sus acciones y contextos de práctica más auténticos y experimentales.

Dicho esto, no todas las experiencias mediadas por las TIC ofrecen las mismas oportunidades de aprendizaje activo y centrado en el estudiante. En su sentido más amplio, TIC se refiere a las diversas formas de tecnología que se utilizan para crear, almacenar, gestionar, comunicar, compartir o intercambiar información. Incluyen hardware (computadoras, tablets, etcétera), Internet, aplicaciones de software, plataformas en línea, sistemas de tutoría inteligente y otros recursos digitales (o digitalizados). El marco TIC de PISA (OECD, 2019c) define tres tipos principales de recursos TIC diseñados con el propósito de enseñar y aprender:

1. contenidos digitales (es decir, cursos en línea, libros digitales y recursos multimedia);
2. herramientas de comunicación y seguimiento (es decir, las que facilitan la comunicación entre escuelas, padres y estudiantes);
3. entornos virtuales de aprendizaje y sistemas de tutoría inteligente (es decir, los destinados a ayudar a los estudiantes a practicar determinadas destrezas).

Otros marcos se han centrado en diferenciar cómo se utilizan las herramientas y los recursos TIC en la educación para el aprendizaje. De la bibliografía surgen con frecuencia cuatro tipologías (resumidas en la tabla 1): aprender «sobre» la tecnología, aprender «con» la tecnología, aprender «de» la tecnología y aprender «a través» de la tecnología. Cada tipología describe una experiencia de aprendizaje inherentemente diferente en la que las TIC desempeñan un papel más o menos fundamental en la configuración de las oportunidades y procesos de aprendizaje de los estudiantes.

**TABLA 1.** Resumen de los diferentes tipos de uso de las TIC para el aprendizaje en la educación

Tipología del uso de las TIC	Descripción
Aprender «sobre» las TIC	Utilizar las TIC de forma disciplinar para adquirir competencias operativas en TIC.
Aprender «de» las TIC	Uso de las TIC como fuente de información y proveedor de contenidos digitales (o digitalizados) en formatos multimedia (por ejemplo, cursos en línea, gráficos, libros de texto digitales, etcétera).
Aprender «con» las TIC	Utilizar las TIC de forma interdisciplinar y funcional, generalmente como medio de comunicación (por ejemplo, dispositivo de presentación), para mejorar los planes de estudio y los enfoques pedagógicos existentes.
Aprender «a través» de las TIC	Utilizar las TIC para transformar cómo y qué se aprende, generalmente proporcionando oportunidades de aprendizaje experimental (por ejemplo, entornos virtuales de aprendizaje, sistemas de tutoría inteligente) o proporcionando herramientas para crear productos tangibles, reflexionar sobre ideas y colaborar con otros.

Fuente: Lloyd (2005), Salomon y Perkins (2005) y OECD (2019c)

Por lo tanto, las experiencias de aprendizaje mediadas por las TIC pueden considerarse a lo largo de un continuo que oscila entre más o menos «transformadoras» (Miodusar et al., 2003; Puentedura, 2011). En un extremo, la tecnología simplemente sustituye o mejora funcionalmente experiencias de enseñanza y aprendizaje que, de otro modo, no se modificarían: el uso de la tecnología de este modo a menudo hace que sea más fácil, más rápido o más conveniente enseñar de forma tradicional (es decir, impartir conocimientos a través del modelo de transmisión de la enseñanza) (Maddux et al., 2001). En cambio, los usos «transformadores» de la tecnología permiten nuevas y mejores formas de enseñar y aprender que de otro modo no serían posibles. Estos usos de la tecnología —el aprendizaje «a través» de la tecnología— son los que mejor representan el tipo de experiencias de aprendizaje activas y participativas en las que hace hincapié el constructivismo social, ya que proporcionan a los estudiantes herramientas y recursos interactivos de construcción del conocimiento para apoyar sus procesos cognitivos y metacognitivos. Van más allá de proporcionar una mejora funcional al ayudar directamente a los estudiantes a procesar y dar forma a sus ideas, proporcionando andamiaje para ayudar a los estudiantes a través de su proceso de aprendizaje e ilustrando conceptos de manera similar a un «otro más conocedor» (Mhlongo et al., 2017). De este modo, la tecnología puede mejorar los procesos de indagación centrados en el estudiante, la resolución de problemas y la toma de

decisiones, permitiendo a los estudiantes cometer errores, iterar, responsabilizarse de los resultados de su aprendizaje y convertirse en estudiantes independientes y autorregulados (Tubin, 2006).

### **2.2.2. Fomentar un aprendizaje más profundo mediante herramientas informáticas**

La tecnología potencia a los estudiantes cuando les permite manipular y construir artefactos informáticos. Por ejemplo, los entornos informáticos de modelización y simulación permiten a los estudiantes procesar, generar y visualizar datos a una escala y en un plazo que, de otro modo, serían inimaginables en la realidad. De este modo, estas herramientas hacen más accesibles conceptos complejos y abstractos. En los entornos digitales de aprendizaje, los estudiantes también pueden diseñar y construir soluciones a diversos problemas mediante procedimientos informáticos. Por ejemplo, pueden definir reglas (es decir, algoritmos) para extraer significado de grandes conjuntos de datos, simular y experimentar con sistemas o fenómenos complejos, o crear artefactos digitales que comuniquen ideas a otros de manera más eficaz. Al proporcionar herramientas que ayudan a los estudiantes a procesar y generar información, así como a construir representaciones tangibles de sus conocimientos e ideas emergentes, «las computadoras ofrecen una gama especialmente amplia de excelentes contextos para el aprendizaje constructorista» (Papert, 1991, p. 8).

La construcción de artefactos con herramientas informáticas exige que los estudiantes interactúen con una computadora y le den instrucciones para que haga algo. Esto va más allá de la simple escritura de un programa: los estudiantes deben comprender el razonamiento que subyace a las instrucciones que dan a la computadora y emplear conceptos y estrategias relevantes de forma intencionada y significativa. Al hacerlo, los estudiantes desarrollan el pensamiento computacional, un enfoque de la resolución de problemas que se basa en prácticas fundamentales de la informática y que fomenta una comprensión profunda de todo el proceso de resolución de problemas (Wing, 2006). El proceso exploratorio de traducir las ideas a una forma computacional tangible permite a los estudiantes desarrollar una comprensión más profunda de sus propios modelos conceptuales y procesos de pensamiento. Estas representaciones tangibles de la comprensión de los estudiantes también permiten a los educadores interpretar en qué punto de su proceso de aprendizaje se encuentran los estudiantes y qué conocimientos han movilizado para llegar a ese punto (Valente y Blikstein, 2019).

## 3. Definición del dominio en PISA

### 3.1. Enfoque del ámbito de evaluación: investigación científica y resolución de problemas mediante herramientas informáticas

Hoy en día, muchos campos se basan cada vez más en los datos y el conocimiento. Aunque el poder de la computación ha influido en todas las esferas de la vida y el aprendizaje en las últimas décadas, su aplicación ha sido particularmente impactante en las disciplinas STEM más amplias. En general, estas disciplinas están intrínsecamente relacionadas con el avance del conocimiento humano y la comprensión y resolución de problemas en el mundo que nos rodea. También suelen compartir un conjunto básico de prácticas o procesos de razonamiento a través de los cuales se desarrollan el conocimiento y la comprensión científicos (es decir, basados en evidencias). Estas prácticas se suelen englobar bajo el concepto de «investigación científica» (Pedaste et al., 2015), y las herramientas informáticas proporcionan nuevos y potentes modos de investigación científica. Por ejemplo, los modelos informáticos permiten simular fenómenos en entornos virtuales que favorecen la investigación activa y sistemática de cuestiones y experimentos que, de otro modo, no serían prácticos ni factibles de llevar a cabo en el mundo real (Weintrop et al., 2016).

El uso de herramientas informáticas para la investigación científica también está en consonancia con los enfoques contemporáneos de la enseñanza de las ciencias (y de STEM en general). El aprendizaje basado en la investigación ocupa una posición pedagógica central en estas disciplinas, lo que refleja un cambio de la simple transmisión de conocimientos científicos a ayudar a los estudiantes a participar activamente con las ideas y prácticas científicas para investigar fenómenos y diseñar soluciones a los problemas en contextos del mundo real (Krajcik, 2015). Como resultado, la ciencia y las matemáticas se reconocen cada vez más como esfuerzos computacionales en los planes de estudio de todo el mundo, y la construcción de artefactos computacionales se presta fácilmente al aprendizaje y la aplicación de conceptos y prácticas extraídos de las disciplinas STEM más amplias (Valente y Blikstein, 2019; Zhang y Biswas, 2019; Brennan y Resnick, 2012; Sengupta et al., 2013; Basu y Biswas, 2016; Basu et al., 2017).

Varios investigadores educativos también se han centrado en el desarrollo de entornos digitales de aprendizaje y herramientas computacionales destinadas a fomentar el desarrollo de una serie de conceptos y prácticas STEM. Estos incluyen entornos de mapas conceptuales (por ejemplo, Betty's Brain, Biswas et al., 2016), entornos de simulación (por ejemplo, PhET Interactive Simulations, Wieman et al., 2008; GoLabs, Jong et al., 2014), juegos interactivos (por ejemplo, Crystal Island, Rowe et al., 2009; Mecagenius, Galaup et al., 2015), entornos de modelización basados en agentes (por ejemplo, NetLogo, Wilensky, 1999; CTSiM, Basu et al., 2012; Sengupta et al., 2013) y entornos de programación gráfica (por ejemplo, LOGO, Papert, 1980; Scratch, Maloney et al., 2010). En estos tipos de entornos, los estudiantes aprenden creando modelos computacionales u otros artefactos (Hutchins et al., 2020). El aprendizaje mediante la creación de modelos requiere que los estudiantes interactúen activamente con una computadora y le den instrucciones mientras realizan actividades de creación de modelos, por lo que ofrece oportunidades para que los estudiantes desarrollen tanto la indagación científica como las habilidades de pensamiento

computacional. Este tipo de aprendizaje constructivista con tecnología también involucra las habilidades de aprendizaje autorregulado de los estudiantes. Por ejemplo, los estudiantes tienen que dirigir sus acciones con determinación, controlar constantemente sus lagunas de conocimiento, construir y depurar sus modelos de forma iterativa e identificar y corregir sus malentendidos y errores.

Con el fin de definir claramente el espacio de evaluación y las competencias que los estudiantes necesitan para demostrar el éxito del aprendizaje en el mundo digital, el grupo de expertos encargado de desarrollar el marco de evaluación recomienda centrar la evaluación PISA en los tipos de actividades y problemas de aprendizaje que se abordan mejor combinando prácticas de investigación científica con prácticas computacionales. Los fundamentos de las teorías constructivistas del aprendizaje motivan a centrarse en la evaluación de cómo los estudiantes se involucran en estas prácticas de forma activa en su proceso de aprendizaje, movilizándolo sus capacidades de aprendizaje autorregulado. Estas prácticas de aprendizaje —que integran procesos de indagación y aprendizaje autorregulado— son cada vez más objeto de esfuerzos educativos en todo el mundo, por lo que es razonable esperar que los jóvenes de 15 años las tengan desarrolladas, además de reflejar las competencias que muchos jóvenes necesitarán al iniciar su vida profesional.

### 3.2. La definición de PISA 2025 del aprendizaje en el mundo digital

El aprendizaje en el mundo digital en PISA 2025 se define como la capacidad de participar en un proceso iterativo de construcción de conocimientos y resolución de problemas utilizando herramientas informáticas. Esta capacidad se demuestra mediante un aprendizaje autorregulado eficaz mientras se aplican prácticas de investigación computacional y científica.

Definir el aprendizaje en un mundo digital como **un proceso iterativo** reconoce el aprendizaje como un proceso holístico y (a menudo) no lineal; en otras palabras, el aprendizaje es el resultado de un proceso complejo que requiere que los estudiantes sean participantes activos en la construcción incremental de su conocimiento y comprensión.

La definición reconoce la **adquisición de conocimientos y la resolución de problemas** como formas particulares de aprendizaje constructivista, en las que los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje, actúan para encontrar soluciones a situaciones problemáticas y hacen uso de recursos para avanzar en su comprensión. La resolución de problemas, tal y como se emplea en esta definición, no se refiere, por tanto, a la simple reproducción de conocimientos basados en un dominio para resolver una situación problemática desconocida (por ejemplo, la definición de resolución de problemas de PISA 2012), sino que se refiere al proceso de utilizar recursos externos para complementar los conocimientos propios con el fin de alcanzar un objetivo concreto. En esta evaluación, se espera que los estudiantes avancen hacia su zona de desarrollo próximo utilizando andamiaje y otras oportunidades para aprender de recursos externos.

**El uso de herramientas computacionales** aclara que en la evaluación los estudiantes participan en el proceso de construcción del conocimiento y resolución de problemas mediante la construcción y el perfeccionamiento de representaciones computacionales tangibles de su conocimiento y comprensión emergentes. Estas representaciones computacionales pueden adoptar muchas formas, pero a efectos de la evaluación PISA 2025 pueden

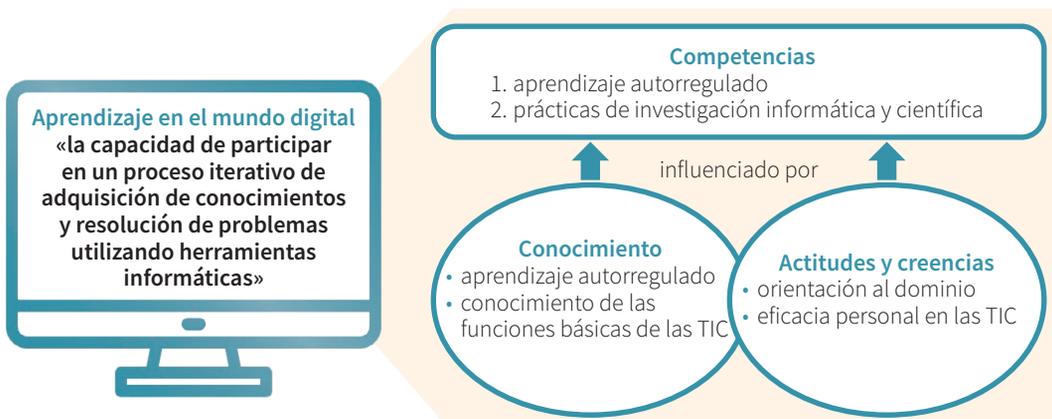
ser modelos (por ejemplo, mapas conceptuales) o soluciones algorítmicas (por ejemplo, programas) que pueden ser ejecutadas por una computadora.

La definición también hace referencia a las dos competencias que representan la capacidad de los estudiantes para participar en el aprendizaje en el mundo digital. La primera de ellas es **el aprendizaje autorregulado**, que es una competencia esencial para los estudiantes que participan en cualquier proceso de investigación autodirigida (De Jong y Njoo, 1992). El aprendizaje autorregulado se refiere esencialmente a la supervisión y el control de los propios procesos metacognitivos, cognitivos, conductuales, motivacionales y afectivos durante el aprendizaje (Panadero, 2017). Es importante en las experiencias de aprendizaje centradas en el estudiante, donde los estudiantes ejercen un mayor manejo en la conducción de sus procesos de aprendizaje, y especialmente en entornos digitales donde los estudiantes se presentan con grandes cantidades de información no estructurada, oportunidades para la exploración y la distracción, diversos recursos de aprendizaje bajo demanda y retroalimentación inmediata (Järvelä y Hadwin, 2015). Estos procesos «reguladores» se promulgan en paralelo con **prácticas de investigación computacional y científica** que guían a los estudiantes en la creación de nuevos conocimientos y la resolución de problemas con herramientas computacionales. Los aprendices deben ser capaces de sacar partido del entorno digital planteándose los problemas de forma computacional.

### Organizar el ámbito de evaluación

El aprendizaje en el mundo digital es un proceso complejo en el que intervienen varios componentes interrelacionados. Las relaciones entre estos componentes se ilustran en la figura 1. Dos competencias representan la capacidad de los estudiantes para aprender en el mundo digital: 1) el aprendizaje autorregulado y 2) las prácticas de investigación informática y científica. Estas dos competencias pueden verse influidas por varios factores. Un conjunto de factores está relacionado con los conocimientos previos de los estudiantes, concretamente con su conocimiento del tema de aprendizaje y su conocimiento de las funciones básicas de las TIC. El otro conjunto de factores está relacionado con las actitudes y creencias de los estudiantes, en particular las relacionadas con la orientación al dominio y la autoeficacia de las TIC.

**FIGURA 1.** Componentes del aprendizaje en el mundo digital



### 3.2.1. Competencias

#### Aprendizaje autorregulado

El aprendizaje autorregulado se refiere esencialmente a cómo los estudiantes gestionan y dirigen sus procesos de aprendizaje, y varios marcos reconocen que estos procesos tienen componentes metacognitivos, cognitivos, motivacionales y afectivos (Panadero, 2017). Los principales procesos a través de los cuales los estudiantes regulan su aprendizaje se describen en la figura 2. Los componentes metacognitivo y cognitivo se refieren a los procesos a través de los cuales los individuos moldean y controlan su aprendizaje: hay acciones o estrategias cognitivas para progresar cognitivamente (es decir, estrategias cognitivas) hacia los propios objetivos de aprendizaje, y hay acciones y estrategias cognitivas para supervisar el propio progreso (es decir, estrategias metacognitivas) (Flavell, 1981). Por tanto, el componente metacognitivo se refiere a una conciencia crítica de los propios procesos de pensamiento y aprendizaje y, como tal, tiene una función reguladora sobre las propias estrategias cognitivas. La metacognición es especialmente relevante en el aprendizaje por indagación, y el desarrollo de la comprensión de los propios procesos de pensamiento se cita a menudo como un objetivo clave de la educación. Sin embargo, la investigación ha demostrado que los estudiantes con frecuencia carecen de la comprensión metacognitiva necesaria para participar en un aprendizaje por indagación óptimo (Ristić Dedić, 2014; Keselman y Kuhn, 2002; Kuhn et al., 2000).

La conciencia metacognitiva del propio aprendizaje permite a las personas identificar sus lagunas de conocimiento y poner en marcha estrategias cognitivas eficaces. Sin embargo, el éxito del aprendizaje requiere algo más que la identificación y aplicación de una estrategia pertinente: también requiere una adaptación basada en su comprensión emergente. Adaptar una estrategia puede ser apropiado por muchas razones, por ejemplo, puede que no tenga tanto éxito como se percibía inicialmente o que el descubrimiento de nueva información requiera un enfoque diferente. Por último, ser capaz de evaluar los propios éxitos o fracasos durante el aprendizaje puede informar y mejorar el aprendizaje futuro en tareas similares.

Los componentes motivacionales y afectivos del aprendizaje autorregulado más bien describen los procesos a través de los cuales los individuos gestionan su motivación y estados emocionales mientras aprenden, como su disposición a persistir en las actividades y entornos de aprendizaje incluso ante las dificultades (Järvenoja et al., 2018; Fredricks et al., 2004; Kim et al., 2015). La motivación influye en el deseo de los estudiantes de participar en casi todas las actividades de aprendizaje (Pintrich y de Groot, 1990; Bandura, 2001). En lo que respecta específicamente al aprendizaje por indagación, la investigación ha encontrado una relación positiva entre la motivación y un aprendizaje más profundo, en el sentido de que cuanto más centrado esté el estudiante en la realización de la tarea, más utilizará los «procesos profundos» de indagación (Järvelä et al., 2021; Saab et al., 2009). Varias actitudes interactúan con la motivación, entre ellas, el interés por la tarea, la percepción de que un objetivo es alcanzable (autoeficacia), el grado en que se valora una tarea o un resultado y el costo o el esfuerzo que supone comprometerse con la tarea (Eccles et al., 1983; Flake et al., 2015). Estas actitudes son complejas y polifacéticas, y en cada una de ellas influyen factores que pueden ser de naturaleza intrínseca o extrínseca.

Por último, el afecto —emociones, estados de ánimo, sentimientos y actitudes— interactúa estrechamente con la motivación de los estudiantes y su compromiso con las tareas de aprendizaje (Efklides, 2011). El afecto positivo puede proporcionar a los estudiantes los recursos internos que necesitan para controlar su concentración y compromiso hacia el logro de su objetivo de aprendizaje, mientras que el afecto negativo podría comprometer la motivación y el esfuerzo de los estudiantes (Efklides et al., 2017; Mega et al., 2014).

**FIGURA 2.** Competencias de aprendizaje en el mundo digital de PISA 2025: aprendizaje autorregulado



### Prácticas de investigación computacional y científica

Las prácticas de indagación computacional y científica representan el componente cognitivo del aprendizaje en el mundo digital. Varios marcos abordan específicamente las sinergias entre el pensamiento computacional y el aprendizaje STEM, e identifican un conjunto de prácticas altamente interrelacionadas que apoyan la investigación científica y matemática utilizando herramientas computacionales (Weintrop et al., 2016; Zhang y Biswas, 2019). Por ejemplo, la construcción de modelos computacionales requiere que los estudiantes definan los componentes importantes de un modelo, conceptualicen las propiedades de cada componente, evalúen y revisen el modelo para mejorar su precisión explicativa y predictiva y evalúen si el modelo puede generalizarse a otros problemas (Weintrop et al., 2016); estas prácticas pueden extenderse a la construcción de modelos de sistemas completos y a la comprensión de cómo los componentes se relacionan e interactúan entre sí (Zhang y Biswas, 2019). Las prácticas reflexivas como la descomposición, el pensamiento algorítmico, la abstracción y la depuración permiten el desarrollo incremental de soluciones modulares cuyos componentes pueden probarse de forma independiente (Weintrop et al., 2016). Por último, ser capaz de recopilar y analizar datos para determinar las relacio-

nes entre variables y expresar esas relaciones matemáticamente es una práctica integral tanto para la resolución de problemas computacionales como para la investigación científica. Estas prácticas interrelacionadas se resumen en la figura 3.

**FIGURA 3.** Competencias de aprendizaje en el mundo digital de PISA 2025: prácticas de cálculo e investigación científica



El uso del término *prácticas* en estos marcos, por oposición a *destrezas* o *conceptos*, subraya que estas prácticas requieren tanto destrezas como conocimientos. La capacidad de recopilar, representar y evaluar datos se basa en el conocimiento y la comprensión de las características de los datos y de los mecanismos disponibles para recopilar, organizar y representar estos datos para su análisis. Estos procedimientos de indagación se basan en determinados conceptos, como las variables dependientes e independientes, el control de las variables, los tipos de medición, formas y métodos de minimizar el error, patrones comunes en los datos y métodos de presentación de datos. Estas ideas forman un conjunto de conocimientos procedimentales que también se han denominado «conceptos de evidencia» (Roberts et al., 2010), necesarios para emprender la indagación científica.

Además, el conocimiento y la comprensión de las operaciones computacionales fundamentales, como la iteración, los bucles y las bifurcaciones condicionales, así como de los resultados que se obtienen al variar la secuencia de ejecución de estas operaciones (flujo de control), también contribuyen a la capacidad de replantear los problemas de modo que se puedan adaptar a la computación y de traducir las ideas en instrucciones que puedan ser ejecutadas por las computadoras. Los ejemplos que figuran en la tabla 2 resumen los conocimientos que necesitan los estudiantes para aplicar con éxito las prácticas de cálculo y de investigación científica.

**TABLA 2.** Conocimientos que sustentan las prácticas de cálculo e investigación científica

Prácticas de investigación computacional y científica: conocimiento.
El concepto de variables, incluidas las variables dependientes, independientes y de control.
Formas de resumir y representar datos mediante tablas, gráficos y diagramas, y de utilizarlos adecuadamente.
La estrategia de control de variables y su papel en el diseño experimental.
Operaciones computacionales como la iteración, los bucles, los eventos condicionales y las bifurcaciones, así como la secuenciación de operaciones (flujo de control).

### 3.2.2. Conocimientos

Otras áreas de conocimiento —aunque no son componentes integrales de las competencias descritas anteriormente— también pueden influir en la capacidad de los estudiantes para participar en el aprendizaje en el mundo digital. Entre ellos se incluyen los conocimientos previos de los estudiantes sobre el tema de aprendizaje (es decir, el fenómeno o problema científico en cuestión) y su conocimiento de las funciones básicas de las TIC.

#### Conocimiento del tema

Los conocimientos previos pueden informar las ideas iniciales de los estudiantes sobre la existencia, las características y las relaciones entre las variables a explorar mediante el aprendizaje por indagación. Este conocimiento puede influir positivamente en los procesos de indagación de un estudiante al permitirle generar hipótesis y explicaciones más adecuadas o realizar mejores experimentos; del mismo modo, un conocimiento insuficiente de un tema determinado podría explicar por qué los estudiantes interpretan mal los datos, adoptan un comportamiento de experimentación no sistemático o defectuoso o no saben qué hipótesis plantear (de Jong, 2006; Glaser et al., 1992; Schauble et al., 1991; van Riesen et al., 2018; Quintana et al., 2004). Sin embargo, los conocimientos previos también pueden obstaculizar el aprendizaje por indagación porque los estudiantes con ideas pre-existentes (especialmente defectuosas) sobre las relaciones entre las variables son más propensos a ignorar los datos anómalos (Chinn y Brewer, 1993) o porque pueden hacer que algunas hipótesis sean más plausibles que otras, lo que influye negativamente en los tipos de experimentos que realizan (Klahr et al., 1993).

#### Conocimiento de las funciones básicas de las TIC

El uso de herramientas informáticas para el aprendizaje por indagación presupone un nivel mínimo de conocimiento funcional de las TIC (es decir, las habilidades necesarias para utilizar computadoras y el conocimiento de las rutinas generales que se aplican a muchos programas). Sin estos fundamentos básicos, es posible que las personas no puedan explotar plenamente las características de las herramientas digitales y los entornos de aprendizaje,

por ejemplo, el desplazamiento por el texto, la manipulación de variables y representaciones, el acceso a recursos y la reproducción de vídeos o animaciones. Sin embargo, una mayor alfabetización en TIC no se traduce necesariamente en mejores resultados de aprendizaje utilizando herramientas digitales. De hecho, Wecker et al., (2007) observaron que los estudiantes más familiarizados con las computadoras adquirieron muchos menos conocimientos en un entorno digital de indagación científica porque tendían a mostrar estrategias de procesamiento de la información más superficiales (por ejemplo, navegar) que, a su vez, resultaban menos funcionales para el aprendizaje.

### 3.2.3. Actitudes y creencias

#### **Orientación al dominio**

La orientación al dominio se refiere al objetivo de aprender y dominar una tarea de acuerdo con los estándares autoestablecidos (Hsieh, 2011). Los estudiantes con una orientación hacia el dominio se centran en dominar una tarea y desarrollar nuevas habilidades, mejorar y adquirir conocimientos adicionales. La orientación al dominio puede contrastarse con la orientación al rendimiento, en la que la principal preocupación de los estudiantes es demostrar competencia al realizar una tarea y recibir juicios favorables de su capacidad por parte de los demás.

Por tanto, los estudiantes orientados al dominio encuentran satisfacción intrínseca al completar una tarea y se ven menos influidos por indicadores externos de rendimiento, como las notas. Los estudiantes que tienen objetivos de dominio también tienden a participar en actividades que aumentarán sus conocimientos, prestan más atención, son más propensos a procesar la información a un nivel superior y no temen pedir ayuda (Hsieh, 2011). También tienden a atribuir las situaciones de fracaso y la retroalimentación negativa como información valiosa sobre cómo mejorar y tratan estos fracasos como una experiencia de aprendizaje, no como un signo de capacidad insuficiente (Dweck y Leggett, 1988).

#### **Autoeficacia de las TIC**

Es probable que las actitudes y creencias de los estudiantes hacia el aprendizaje con TIC influyan en su capacidad para participar en el aprendizaje en el mundo digital. Según Bandura (1993), la confianza de los estudiantes en su capacidad para llevar a cabo tareas específicas (es decir, la autoeficacia) está estrechamente relacionada con su rendimiento. Este puede ser el caso, sobre todo, cuando se enfrentan a entornos digitales nuevos y desconocidos. Por ejemplo, es probable que los estudiantes que se sienten seguros en el uso de las TIC participen más fácilmente en experiencias de aprendizaje mediadas por las TIC y perseveren ante las dificultades que puedan encontrar al utilizar la tecnología.

La investigación ha demostrado que los niveles más altos de autoeficacia de las TIC se asocian con niveles más altos de resultados de aprendizaje. Fraillon et al., 2014; Thompson et al., 2002 y Moos y Azevedo (2009) concluyeron, a partir de su revisión de la investigación sobre la autoeficacia informática, que esta variable desempeña un papel integral en el aprendizaje en entornos de aprendizaje por computadora.

## 4. La estrategia de evaluación de PISA

El principal objetivo de la evaluación PISA 2025 del aprendizaje en el mundo digital es proporcionar datos comparables a escala internacional sobre la capacidad de los estudiantes para participar en un proceso iterativo y autónomo de construcción de conocimientos y resolución de problemas utilizando herramientas informáticas, y describir cómo esta capacidad está relacionada con factores contextuales y otras características relevantes de los sistemas educativos. La evaluación cuenta con dos instrumentos principales a través de los cuales recopilará información relevante:

1. Una prueba cognitiva que mide en qué medida los estudiantes pueden adquirir las competencias necesarias para aprender en el mundo digital;
2. Un módulo en el cuestionario de los estudiantes de PISA, que recogerá información sobre el uso que hacen los estudiantes de las herramientas digitales para el aprendizaje —tanto dentro como fuera del aula—, así como sus actitudes hacia las TIC y el aprendizaje en general. Los módulos de los cuestionarios para profesores y directores de centros educativos complementarán esta información, proporcionando una descripción de los factores del entorno que facilitan el aprendizaje en el mundo digital, como la cultura pedagógica del centro, las creencias de los profesores y la disponibilidad de tecnología de apoyo.

Con respecto al componente de la prueba, uno de los retos más destacados es la cantidad limitada de tiempo de prueba por estudiante. Normalmente, los estudiantes que se presentan a la prueba PISA completarán una hora de material de prueba para la evaluación del aprendizaje en el mundo digital. Por lo tanto, la prueba debe centrarse en las formas de aprendizaje que los estudiantes pueden lograr razonablemente dentro de las limitaciones del tiempo de prueba dado. Por esta razón, los «objetivos de aprendizaje» de la prueba se enmarcan en el progreso hacia el desarrollo de un modelo de un sistema y la resolución de un problema.

Otro reto está relacionado con la cobertura del constructo «aprender en el mundo digital» por parte del examen. El universo de las herramientas informáticas es muy amplio, al igual que los tipos de actividades de aprendizaje para los que los estudiantes pueden utilizarlas. El tipo de actividades de aprendizaje, a su vez, define las competencias que los estudiantes necesitan para alcanzar sus objetivos de aprendizaje. La evaluación se centra en actividades de aprendizaje en las que los estudiantes deben utilizar herramientas computacionales para desarrollar una representación precisa de un sistema o fenómeno (es decir, un modelo) o para diseñar una solución para un estado «objetivo» conocido (es decir, un algoritmo). En ambos tipos de «problemas», las herramientas computacionales permiten a los estudiantes explorar y comprender las reglas que rigen un determinado espacio problemático, pero toda la información procesada por dichas herramientas se considera válida y verdadera. Aunque las actividades de búsqueda de información mediante herramientas computacionales como los motores de búsqueda de Internet representan una forma importante en la que los estudiantes pueden avanzar en sus conocimientos y comprensión y resolver problemas, estas no se incluyen en la prueba PISA 2025 de aprendizaje en el mundo

digital por dos razones principales. En primer lugar, las búsquedas auténticas en Internet proporcionan a los estudiantes tanto información verdadera como falsa procedente de fuentes cuya fiabilidad y pertinencia deben evaluarse de forma crítica, lo que introduce dependencias en los conocimientos previos de un individuo sobre un tema determinado, así como en su alfabetización informacional y mediática crítica. Dichas dependencias harían que el constructo fuera demasiado amplio para que lo cubriera bien una única evaluación de dominio innovadora. En segundo lugar, este tipo de actividades se basan principalmente en textos, lo que introduce una dependencia adicional de la competencia lectora.

Un último reto se refiere a la medición e interpretación de los datos sobre los procesos de aprendizaje autorregulado de los estudiantes. En primer lugar, la evaluación debe garantizar que todos los estudiantes tengan la oportunidad de demostrar (o no) un aprendizaje autorregulado, y que esta evidencia pueda ser adecuadamente recogida e interpretada por la prueba. Por ejemplo, si las tareas son demasiado fáciles, es posible que los estudiantes no necesiten adoptar conductas de aprendizaje autorregulado como la supervisión o la búsqueda de ayuda; a la inversa, si las tareas son demasiado difíciles, es posible que los estudiantes no puedan progresar aunque se les proporcione ayuda y recursos de aprendizaje. Por lo tanto, establecer un nivel de dificultad adecuado para las tareas de evaluación es una consideración clave del diseño (véase el apartado 5.2: «Consideraciones sobre el diseño de la unidad» para un análisis más detallado). En segundo lugar, algunos aspectos del aprendizaje autorregulado (por ejemplo, la planificación) no son fáciles de hacer visibles de un modo auténtico que no interrumpa o influya de otro modo en el proceso de aprendizaje.

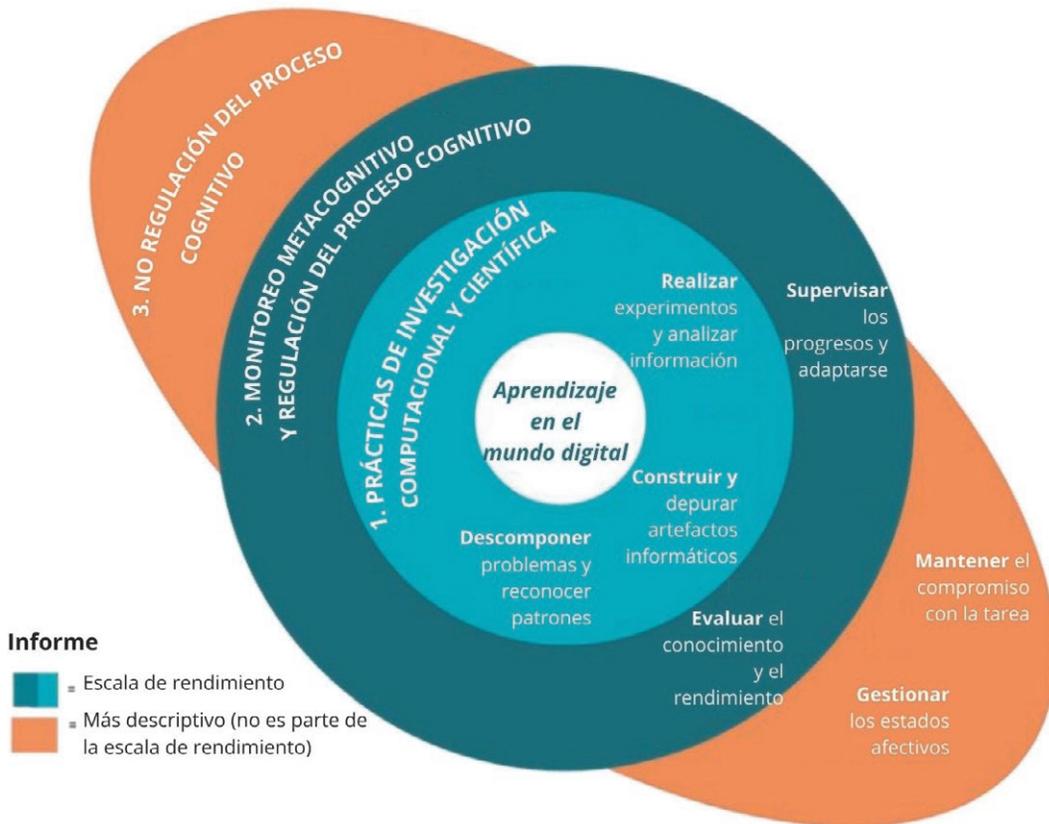
#### 4.1. Modelo de competencias

La figura 4 ilustra el modelo de competencias de evaluación que operacionaliza el constructo de aprendizaje en el mundo digital a efectos de medición y aclara los elementos del constructo que se incluyen en la escala de rendimiento. El modelo de competencias puede descomponerse en tres componentes, cada uno de los cuales incluye varios elementos:

1. Prácticas de investigación computacional y científica
2. Monitorización metacognitiva y procesos de regulación cognitiva
3. Procesos de regulación no cognitivos

Esta estructura pretende establecer claramente qué componentes del constructo se medirán en el instrumento de prueba. El análisis de los datos confirmará las expectativas teóricas de un constructo multidimensional (con los procesos de regulación cognitiva/metacognitiva y las prácticas computacionales/de indagación posiblemente representando dos dimensiones distintas). Los indicadores descriptivos sobre los aspectos motivacionales y afectivos del aprendizaje autorregulado se presentarán por separado de las escalas de rendimiento.

**FIGURA 4.** Modelo de competencias para la evaluación del aprendizaje en el mundo digital de PISA 2025



#### 4.1.1. Prácticas de investigación computacional y científica

##### Descomponer problemas y reconocer patrones

Los estudiantes pueden identificar las partes constituyentes de un problema que puede abordarse y tratarse de forma independiente. Los estudiantes pueden identificar patrones repetidos que pueden abordarse mediante el mismo procedimiento y pueden determinar si (partes de) un modelo o algoritmo dado puede aplicarse a otros problemas o fenómenos. Por último, los estudiantes pueden definir acciones o subobjetivos que deben abordarse secuencialmente para alcanzar un resultado deseado.

##### Realizar experimentos y analizar datos

Los estudiantes pueden utilizar simulaciones y otras visualizaciones de datos (por ejemplo, gráficos) para explorar e investigar las relaciones entre distintas variables o agentes dentro de un sistema o el funcionamiento de un sistema en su conjunto. Pueden generar hipótesis relevantes y realizar experimentos controlados para recopilar datos interpretables con el fin de hacer inferencias válidas sobre el comportamiento de agentes individuales o sistemas complejos. Los estudiantes también pueden realizar experimentos controlados

utilizando una simulación para hacer predicciones sobre el comportamiento de un sistema, optimizar soluciones a problemas o alcanzar un estado objetivo. Los estudiantes pueden analizar datos utilizando representaciones digitales, identificando tendencias, anomalías o correlaciones.

### **Construir y depurar artefactos computacionales**

Al construir algoritmos, los estudiantes pueden implementar una secuencia coherente y eficiente de pasos de solución utilizando estructuras de flujo de control, como repeticiones y sentencias condicionales; implementar bloques de instrucciones organizadas (funciones) y corregir cualquier error mediante la depuración. Los estudiantes pueden automatizar distintos tipos de operaciones, como automatizar la recogida y organización de datos o modificar el comportamiento de los agentes y otras características del entorno digital de aprendizaje. Al construir un modelo computacional, los estudiantes pueden crear una representación abstracta de un sistema que puede ser ejecutado por una computadora, y asegurarse de que el modelo funciona como se espera (es decir, se generan los datos esperados o los agentes de la simulación siguen las instrucciones programadas). Los estudiantes también pueden identificar cómo deben adaptarse los artefactos computacionales para que funcionen en un problema o fenómeno determinado, y aplicar los cambios necesarios.

#### **4.1.2. Monitorización metacognitiva y procesos de regulación cognitiva**

##### **Monitorizar los progresos y adaptarse**

Los estudiantes pueden realizar un seguimiento metacognitivo probando sistemáticamente sus algoritmos y modelos computacionales. Pueden evaluar su progreso hacia sus objetivos de aprendizaje comparando las predicciones de un modelo con algún comportamiento conocido del sistema o la salida de un algoritmo con un estado objetivo deseado, y deciden hacer ajustes siempre que identifican una inconsistencia. Pueden hacer uso de la retroalimentación que obtienen a través de las pruebas trabajando de forma iterativa y emprendiendo acciones que sean coherentes con el contenido de la retroalimentación, como optar por depurar una solución defectuosa. Los estudiantes también pueden identificar sus lagunas de conocimiento y adoptar comportamientos adecuados de búsqueda de ayuda cuando sea necesario (por ejemplo, tras una respuesta negativa, consultando fuentes de información pertinentes), y pueden poner en práctica la ayuda realizando acciones que sean coherentes con el contenido de la ayuda.

##### **Evaluar el rendimiento**

Al final de un período de trabajo, los estudiantes pueden reflexionar sobre su rendimiento y evaluar en qué medida han alcanzado con éxito su objetivo de aprendizaje, en particular, mediante la evaluación de la precisión y la calidad de su artefacto computacional con respecto a los requisitos de la tarea.

### 4.1.3. Procesos de regulación no cognitivos

#### **Mantener el compromiso con la tarea**

Los estudiantes pueden informar de que han hecho su mejor esfuerzo para completar la tarea y evitar periodos prolongados de inactividad durante el tiempo de prueba activa. Los estudiantes también pueden esforzarse repetidamente por mejorar la precisión o la calidad de su artefacto computacional después de recibir comentarios negativos.

#### **Gestionar los estados afectivos**

Los estudiantes pueden manifestar estados afectivos positivos mientras aprenden o pueden participar en un proceso productivo de aprendizaje autorregulado a pesar de experimentar estados afectivos negativos (por ejemplo, sentimientos de frustración, aburrimiento, etcétera) o juicios negativos de autoeficacia.



## 5. Evaluar el aprendizaje en el mundo digital: diseño de pruebas y enfoque de la medición

### 5.1. Enfoque de medición y puntuación

Cada tarea desarrollada para la evaluación debe contar con un modelo de pruebas detallado que describa cómo las respuestas e interacciones de los estudiantes con el entorno digital de la prueba se dividirán en observables que son útiles para el análisis. El modelo de pruebas debe derivarse de supuestos teóricos sobre lo que constituyen las prácticas productivas de investigación computacional y científica y el aprendizaje autorregulado. Por lo tanto, deben corresponderse con las competencias y comportamientos definidos en el modelo de competencias de evaluación (véase el apartado 4.1). Los modelos de pruebas descritos en las tablas siguientes también indican cómo el diseño de la tarea debe garantizar que se puedan observar las pruebas empíricas necesarias de las competencias de los estudiantes.

En algunos casos, las reglas de evidencia para cada una de las competencias objetivo se derivan de la misma actividad observable. Por ejemplo, mientras los estudiantes construyen su artefacto computacional, pueden darse cuenta de un error y depurar el componente defectuoso; el acto de depurar demuestra competencia tanto en la aplicación de una práctica de investigación computacional y científica ('construir y depurar un artefacto computacional') como en un proceso de aprendizaje autorregulado ('supervisar el progreso y adaptarse'). Diferenciar entre estas prácticas y procesos estrechamente entrelazados es un reto que requiere un cuidadoso andamiaje y diseño del entorno de prueba. Hacer una distinción empírica entre los procesos de aprendizaje autorregulado y las prácticas de cálculo e investigación científica también requiere el uso de modelos analíticos específicos, en los que las distintas acciones que forman parte del mismo proceso de solución se tratan como nodos que pueden analizarse por separado.

Las reglas de evidencia para la evaluación del aprendizaje en el mundo digital de PISA 2025 se validarán ampliamente a través de múltiples laboratorios cognitivos y estudios piloto, así como de la prueba de campo completa de PISA 2025. Estos ejercicios de validación establecerán correlaciones entre: 1) cada una de las diferentes medidas entre sí; 2) las diferentes medidas y el rendimiento general de los estudiantes y 3) las medidas de los procesos de aprendizaje autorregulado y el «aprendizaje» general en la prueba (para profundizar, véase el apartado 5.4: «Enfoque de análisis e información»).

#### 5.1.1. Reglas de evidencia para las prácticas computacionales y de indagación científica

En general, la capacidad de los estudiantes para aplicar prácticas de cálculo y de indagación científica se medirá en función de los progresos que realicen en cada una de las unidades (es decir, cuántas tareas son capaces de completar con éxito), así como de la calidad de sus artefactos computacionales en relación con los objetivos de la tarea (por ejemplo, la

integridad y precisión de sus modelos o la precisión y eficiencia de sus algoritmos). Por lo tanto, los indicadores del rendimiento de los estudiantes en estas prácticas se construirán utilizando tanto datos de respuestas como datos de archivos de registro recogidos a lo largo de cada unidad. Las tablas 3-5 describen un conjunto preliminar de reglas de evidencia para medir las prácticas de cálculo e investigación científica de los estudiantes.

**TABLA 3.** Modelo de evidencia preliminar para las prácticas de indagación computacional y científica: descomponer problemas y reconocer patrones

Comportamiento empírico	Evidencia	Regla de puntuación	Retos de diseño e interpretación	Accesibilidad requerida
El estudiante aborda cada parte del problema por separado.	El orden de los pasos dados por el estudiante al construir un artefacto/ los distintos componentes del artefacto computacional coinciden con los de un experto.	2. Los pasos/ partes de la solución reproducen un modelo experto. 1. Los pasos/ partes de la solución se aproximan, pero no replican completamente un modelo experto. 0. El estudiante no sigue un orden claro de pasos.	Necesidad de capturar y categorizar todos los estados en el proceso de creación de soluciones.  Los problemas deben diseñarse de forma que seguir una determinada secuencia de pasos tenga ventajas claras.  Posiblemente múltiples caminos de buenas soluciones (no hay secuencias «expertas» claras). Una alternativa podría ser evaluar la distancia de una secuencia observada a múltiples secuencias óptimas, con la puntuación determinada por la distancia mínima.	Una interfaz de programación basada en bloques u otra interfaz que permita a los estudiantes construir soluciones por pasos.
El estudiante identifica subobjetivos relevantes para resolver el problema.	El estudiante selecciona una respuesta correcta entre diferentes listas de subobjetivos predeterminados.	Puntuación simple de opción múltiple.	El ítem puede influir en los estudiantes para que sigan un camino de solución determinado; esto podría utilizarse en problemas similares pero independientes.	
El estudiante define la secuencia de pasos a seguir para resolver el problema.	El estudiante elabora un diagrama de flujo (o completa un diagrama inacabado), en el que cada «bloque» predefinido proporciona una descripción de los distintos pasos de la solución.	2. El diagrama reproduce un modelo experto. 1. El diagrama se aproxima, pero no reproduce totalmente un modelo experto. 0. El diagrama no se aproxima a un modelo experto.	Posibilidad de múltiples secuencias válidas de pasos (no hay secuencias «expertas» claras). Una alternativa podría ser comparar el diagrama del estudiante con varios diagramas «expertos».	Una herramienta de diagrama de flujo (puede ser una adaptación o aplicación de la interfaz del mapa conceptual).



Comportamiento empírico	Evidencia	Regla de puntuación	Retos de diseño e interpretación	Accesibilidad requerida
<p>El estudiante identifica subproblemas repetidos que pueden abordarse con la misma secuencia de operaciones.</p>	<p>El estudiante selecciona una respuesta correcta entre diferentes visualizaciones predeterminadas de subproblemas. Alternativamente, el estudiante etiqueta componentes del espacio del problema que pueden abordarse con la misma secuencia de operaciones.</p>	<p>Puntuación simple de opción múltiple (elegir entre diferentes capturas de pantalla) o compleja de respuesta cerrada (etiquetado correcto de áreas de un diagrama interactivo).</p>		<p>Provisión de algún tipo de herramienta de «etiquetado» (por ejemplo, una herramienta de dibujo) con la que los estudiantes puedan etiquetar el problema del espacio.</p>
<p>El estudiante aborda cada parte del problema por separado.</p>	<p>El orden de los pasos dados por el estudiante al construir un artefacto/ los distintos componentes del artefacto computacional coinciden con los de un experto.</p>	<p>2. Los pasos/ partes de la solución reproducen un modelo experto.</p> <p>1. Los pasos/ partes de la solución se aproximan, pero no replican completamente un modelo experto.</p> <p>0. El estudiante no sigue un orden claro de pasos.</p>	<p>Necesidad de capturar y categorizar todos los estados en el proceso de creación de soluciones.</p> <p>Los problemas deben diseñarse de forma que seguir una determinada secuencia de pasos tenga ventajas claras.</p> <p>Posiblemente múltiples caminos de buenas soluciones (no hay secuencias «expertas» claras). Una alternativa podría ser evaluar la distancia de una secuencia observada a múltiples secuencias óptimas, con la puntuación determinada por la distancia mínima.</p>	<p>Una interfaz de programación basada en bloques u otra interfaz que permita a los estudiantes construir soluciones por pasos.</p>
<p>El estudiante identifica subobjetivos relevantes para resolver el problema.</p>	<p>El estudiante selecciona una respuesta correcta entre diferentes listas de subobjetivos predeterminados.</p>	<p>Puntuación simple de opción múltiple.</p>	<p>El ítem puede influir en los estudiantes para que sigan un camino de solución determinado; esto podría utilizarse en problemas similares pero independientes.</p>	



Comportamiento empírico	Evidencia	Regla de puntuación	Retos de diseño e interpretación	Accesibilidad requerida
El estudiante define la secuencia de pasos a seguir para resolver el problema.	El estudiante elabora un diagrama de flujo (o completa un diagrama inacabado), en el que cada «bloque» predefinido proporciona una descripción de los distintos pasos de la solución.	<p>2. El diagrama reproduce un modelo experto.</p> <p>1. El diagrama se aproxima, pero no reproduce totalmente un modelo experto.</p> <p>0. El diagrama no se aproxima a un modelo experto.</p>	Posibilidad de múltiples secuencias válidas de pasos (no hay secuencias «expertas» claras). Una alternativa podría ser comparar el diagrama del estudiante con varios diagramas «expertos».	Una herramienta de diagrama de flujo (puede ser una adaptación o aplicación de la interfaz del mapa conceptual).
El estudiante identifica subproblemas repetidos que pueden abordarse con la misma secuencia de operaciones.	El estudiante selecciona una respuesta correcta entre diferentes visualizaciones predeterminadas de subproblemas. Alternativamente, el estudiante etiqueta componentes del espacio del problema que pueden abordarse con la misma secuencia de operaciones.	Puntuación simple de opción múltiple (elegir entre diferentes capturas de pantalla) o compleja de respuesta cerrada (etiquetado correcto de áreas de un diagrama interactivo).		Provisión de algún tipo de herramienta de «etiquetado» (por ejemplo, una herramienta de dibujo) con la que los estudiantes puedan etiquetar el problema del espacio.

**TABLA 4.** Modelo de evidencia preliminar para las prácticas de indagación computacional y científica: Realización de experimentos y análisis de datos

Comportamiento empírico	Evidencia	Regla de puntuación	Retos de diseño e interpretación	Accesibilidad requerida
El estudiante analiza los datos para extraer conclusiones válidas sobre las relaciones entre variables.	El estudiante traza variables relevantes en una herramienta gráfica y selecciona una respuesta correcta de una lista predeterminada.	Puntuación de opción múltiple. El crédito está condicionado a la selección de la respuesta correcta y a haber trazado las variables correctas en la herramienta gráfica.		Una herramienta de edición de gráficos.
El estudiante realiza análisis de datos para definir un modelo preciso de un sistema.	El estudiante etiqueta correctamente las relaciones entre variables en un modelo.	Cada relación entre las variables de entrada y de salida puede modelizarse como un ítem (puntuado como 1 si la relación está correctamente etiquetada) o los datos pueden puntuarse como un ítem politómico (es decir, una puntuación más alta para un mayor número de relaciones correctamente etiquetadas).	Es posible que los estudiantes con conocimientos muy limitados de TIC no puedan utilizar las herramientas de análisis de datos y elaboración de mapas conceptuales; sin embargo, esto debería mitigarse mediante un tutorial.	Una herramienta de análisis de datos (por ejemplo, un editor de gráficos o una herramienta de pruebas con casos contrastados) y una herramienta de creación de modelos (por ejemplo, una herramienta de mapas conceptuales).
El estudiante genera datos mediante simulaciones y los analiza para extraer conclusiones válidas sobre la dinámica del sistema.	El estudiante selecciona una descripción precisa de la dinámica del sistema de una lista predeterminada.	Puntuación de opción múltiple. Los créditos están condicionados a que el estudiante haya realizado simulaciones en el sistema.	Puede ser difícil determinar las simulaciones pertinentes como condición; sin embargo, la condición de que los estudiantes tengan que realizar al menos una simulación puede ayudar a eliminar algunas conjeturas aleatorias.	Un entorno de modelización basado en agentes (por ejemplo, NetLogo) o un entorno de dinámica de sistemas (por ejemplo, Stella).





Comportamiento empírico	Evidencia	Regla de puntuación	Retos de diseño e interpretación	Accesibilidad requerida
<p>El estudiante realiza pruebas y analiza datos para identificar y aplicar soluciones adecuadas a los problemas.</p>	<p>El estudiante modifica los parámetros de una simulación para alcanzar un estado objetivo tras realizar experimentos. El estudiante puede justificar el diseño de su solución.</p>	<p>Se concede crédito completo a los estudiantes que alcanzan el estado objetivo deseado en el sistema Y que seleccionan una descripción correcta de su solución de una lista predeterminada de acciones que se muestra después de alcanzar el estado objetivo (por ejemplo: todos los semáforos configurados para cambiar cada tres segundos). Se concederá un crédito parcial a los estudiantes que alcancen el estado objetivo pero no seleccionen una descripción correcta.</p>	<p>Será importante que el problema y el entorno estén diseñados de tal manera que las operaciones aleatorias de ensayo y error (por ejemplo, cambiar rápidamente todos los controles deslizantes) no sean una estrategia eficaz.</p>	<p>Un entorno de modelización basado en agentes.</p>

**TABLA 5.** Modelo de evidencia preliminar para las prácticas de indagación computacional y científica: Construir y depurar artefactos computacionales

Comportamiento empírico	Evidencia	Regla de puntuación	Retos de diseño e interpretación	Accesibilidad requerida
El estudiante interpreta correctamente la salida de un algoritmo dado.	El estudiante selecciona una respuesta correcta entre diferentes salidas predeterminadas.	Puntuación simple de opción múltiple.		Una interfaz de programación basada en bloques o en diagramas de flujo.
El estudiante construye (o depura) un algoritmo preciso y eficiente.	El estudiante construye un algoritmo que alcanza el estado objetivo deseado y que utiliza bucles, condicionales o funciones para reducir la cantidad de código.  Alternativamente, el estudiante modifica un algoritmo ineficiente/falso que alcanza el estado objetivo deseado y que utiliza bucles, condicionales o funciones para reducir la cantidad de código.	2. El algoritmo del estudiante alcanza el estado objetivo utilizando menos bloques que un umbral elegido.  1. El algoritmo del estudiante alcanza el estado objetivo utilizando un número de bloques igual o superior a un umbral elegido.  0. El algoritmo del estudiante no alcanza el estado objetivo.	Se debe informar a los estudiantes sobre el concepto de eficiencia en la puntuación, e incitarles a intentar construir (o mejorar) algoritmos que sean eficientes.	Una interfaz de programación basada en bloques o en diagramas de flujo.
El estudiante diseña un algoritmo para recoger, manipular y organizar datos.	El estudiante extrae datos de una simulación y los organiza en forma de tabla o gráfico (como se indica en la pregunta).	1. El estudiante recoge y organiza los datos tal como se indica en el enunciado de la pregunta.  0. El estudiante no recoge ni organiza los datos como se indica en el enunciado de la pregunta.	El uso de la herramienta de edición de datos debe ser intuitivo y apoyarse en andamiajes. El diseño de la herramienta debe diferir de aquellos a los que los estudiantes puedan estar acostumbrados para reducir la influencia de la experiencia con herramientas específicas.	Una herramienta de edición de datos que puede controlarse mediante operaciones algorítmicas (arrastrando bloques o escribiendo fórmulas).





<p>El estudiante depura un modelo informático defectuoso.</p>	<p>El estudiante realiza correcciones en un modelo computacional (por ejemplo, añadiendo enlaces y funciones que faltan) para que genere datos correctamente.</p>	<p>1. El estudiante arregla el modelo computacional para que genere correctamente los datos. 0. El estudiante no retiene el modelo computacional.</p>		<p>Un modelo basado en agentes o un mapa conceptual ejecutable.</p>
<p>El estudiante identifica los componentes de un algoritmo que deben modificarse para que pueda utilizarse para resolver otro problema.</p>	<p>El estudiante selecciona un diagrama de flujo correcto (que representa el algoritmo) describiendo las modificaciones requeridas entre una lista de diagramas de flujo predeterminados.</p>	<p>Puntuación simple de opción múltiple, o un ítem interactivo, que permita a los estudiantes seleccionar los componentes de un modelo o algoritmo que deben modificarse para funcionar y resolver un problema diferente.</p>		

### 5.1.2. Reglas de evidencia para los procesos de monitorización metacognitiva y regulación cognitiva

Si bien muchos aspectos del aprendizaje autorregulado no pueden percibirse fácil o auténticamente a través de los datos de respuesta tradicionales, algunas evidencias pueden construirse a partir de los archivos de registro de las acciones de los estudiantes (Kroehne y Goldhammer, 2018). Sin embargo, esta evidencia requiere algún tipo de interpretación. Un enfoque es interpretar los comportamientos de los estudiantes sobre la base de suposiciones basadas en la teoría sobre lo que constituyen comportamientos de aprendizaje autorregulado «productivos». Por ejemplo, la teoría asume que un buen aprendizaje autorregulado lo demostrarían los estudiantes que hacen un seguimiento de la ayuda o la retroalimentación. Sin embargo, interpretar el significado de las secuencias de los archivos de registro no siempre es sencillo: por ejemplo, cuando los estudiantes no realizan ninguna acción (es decir, no interactúan con el entorno de aprendizaje), es difícil distinguir entre los estudiantes que están haciendo una pausa reflexiva y los que simplemente están desconectados.

Además de las reglas de evidencia basadas en la teoría, también existen enfoques basados en los datos para interpretar y obtener indicadores a partir de los datos de los archivos de registro. Por ejemplo, el análisis de coherencia se centra en las secuencias lógicas de las acciones realizadas por el estudiante. Este enfoque parte de la base de que las acciones de los estudiantes generan información que puede utilizarse en acciones posteriores; cuando los estudiantes actúan sobre la base de esta información, sus acciones son «coherentes». Otro enfoque, la extracción de secuencias contextualizada, puede utilizarse para evaluar cómo ejecutan los estudiantes las estrategias cognitivas. Este enfoque filtra las acciones irrelevantes y combina acciones cualitativamente similares en un número limitado de categorías de «comportamiento» distintas. A continuación, se identifican secuencias frecuentes de comportamientos, que pueden calificarse de «productivas» o «improductivas» en función de su relación con el rendimiento general del estudiante.

Las tablas 6 y 7 describen algunas reglas de evidencia iniciales basadas en la teoría para medir los procesos de control metacognitivo y regulación cognitiva de los estudiantes. En el modelo de evidencias también se incluyen evidencias seleccionadas derivadas de ítems de autoinforme situados. Por ejemplo, pedir a los estudiantes que informen de lo que creen que pueden y no pueden hacer antes de empezar una tarea, y comparar estos informes con su rendimiento real en la prueba, puede interpretarse como una prueba de seguimiento eficaz de sus lagunas de conocimiento.

Tras la validación empírica del modelo de pruebas descrito en las tablas 7-8 en los estudios piloto, el Grupo de Expertos en Aprendizaje en el Mundo Digital experimentará con diferentes enfoques basados en datos para analizar e interpretar los datos de los ficheros de registro con el fin de explorar cualquier posible indicador adicional de los procesos de seguimiento metacognitivo y regulación cognitiva. Si se validan suficientemente mediante nuevas recopilaciones de datos, estas reglas de evidencia adicionales podrán añadirse al modelo de evidencia final para la encuesta principal.

**TABLA 6.** Modelo de evidencia preliminar para los procesos de monitorización metacognitiva y regulación cognitiva: monitorizar el progreso y adaptarse

Comportamiento empírico	Evidencia	Regla de puntuación	Retos de diseño e interpretación	Accesibilidad requerida
El estudiante prueba su algoritmo.	El estudiante utiliza el botón «probar» para comprobar que su algoritmo alcanza el estado objetivo deseado antes de enviarlo.	1. El estudiante pone a prueba su solución.  0. El estudiante no comprueba su solución.	En las tareas fáciles, los estudiantes competentes pueden estar lo suficientemente seguros de sí mismos como para no tener que probar su solución.	Un botón «prueba» que permite a los estudiantes probar las soluciones antes de enviarlas.
El estudiante comprueba sistemáticamente la precisión de su artefacto computacional a lo largo del proceso de construcción.	El estudiante realiza pruebas frecuentes a medida que construye y modifica (es decir, edita) sus artefactos computacionales.	2. El estudiante prueba su solución dentro de un número de ediciones (umbral específico del ítem) desde la última prueba.  1. El estudiante prueba su solución después de un mayor número de ediciones (umbral específico del ítem) desde la última prueba.  0. El estudiante no comprueba sistemáticamente su solución.	Es posible que los codificadores expertos (y, en menor medida, los creadores de modelos) no necesiten probar su solución con frecuencia; la frecuencia óptima de las pruebas puede ser difícil de determinar empíricamente.	Un botón de «prueba» que permita a los estudiantes comprobar las soluciones. Las tareas de modelización requerirían una interfaz de datos independiente para que los estudiantes puedan comprobar la precisión de su modelo.



Comportamiento empírico	Evidencia	Regla de puntuación	Retos de diseño e interpretación	Accesibilidad requerida
<p>El estudiante construye un modelo probando sistemáticamente variables.</p>	<p>En primer lugar, el estudiante comprueba las relaciones entre las variables de entrada y la variable de resultado en una interfaz de datos independiente y, a continuación, conecta esas variables en el modelo computacional.</p>	<p>2. El estudiante siempre comprueba las variables en la interfaz de datos antes de añadirlas al modelo.</p> <p>1. El estudiante comprueba un determinado número de variables (umbral específico del ítem) antes de añadirlas al modelo.</p> <p>0. El estudiante no comprueba un determinado número de variables (umbral específico del ítem) antes de añadirlas al modelo.</p>	<p>Los estudiantes podrían adoptar una estrategia en la que primero exploraran todas las relaciones entre variables en la interfaz de datos y luego empezaran a construir el modelo. El algoritmo de puntuación tendría que conceder créditos cada vez que se añadan variables al modelo después de haber sido probadas, sin importar el número de acciones entre esos dos eventos.</p> <p>Este indicador podría limitarse a las relaciones entre variables que son menos evidentes y que requieren pruebas.</p>	<p>Una interfaz de datos y una herramienta de creación de modelos independientes.</p>
<p>El estudiante actúa en función de las pistas.</p>	<p>El estudiante realiza acciones coherentes con la pista (por ejemplo, consulta un ejemplo sugerido por la pista).</p>	<p>1. El estudiante ejecuta una acción coherente con la sugerencia.</p> <p>0. La acción que ejecuta el estudiante tras recibir una pista no es coherente con la pista.</p>	<p>Posible falta de datos: no todos los estudiantes necesitarán o utilizarán las pistas.</p> <p>Necesidad de un nivel adecuado de retos para fomentar la búsqueda de ayuda.</p> <p>Cada nivel de pista debe ser procesable.</p>	<p>Sistema de sugerencias en dos niveles (por ejemplo, el primer nivel guía al estudiante hacia un recurso, el segundo nivel proporciona la información necesaria).</p>



Comportamiento empírico	Evidencia	Regla de puntuación	Retos de diseño e interpretación	Accesibilidad requerida
El estudiante tiene en cuenta la retroalimentación cuando construye su artefacto computacional.	El estudiante adopta acciones de depuración coherentes con la información que recibe tras las pruebas (por ejemplo, el estudiante cambia los componentes erróneos de su modelo).	1. El estudiante adopta una acción coherente con la retroalimentación. 0. El estudiante adopta una acción que no es coherente con la retroalimentación.	Posibles datos omitidos: solo los estudiantes que prueben un artefacto informático defectuoso recibirán comentarios. El sistema debe ser capaz de proporcionar información pertinente a los estudiantes.	Información de retroalimentación tras las pruebas.

**TABLA 7.** Modelo de evidencia preliminar para los procesos de monitorización metacognitiva y regulación cognitiva: evaluar el conocimiento y el rendimiento

Comportamiento empírico	Pruebas	Regla de puntuación	Retos de diseño e interpretación	Accesibilidad requerida
El estudiante evalúa correctamente la facilidad con la que podrá realizar una tarea.	Después de que se le muestre una tarea, el estudiante selecciona una respuesta que refleje su rendimiento esperado de una lista de opciones predefinidas antes de empezar a trabajar en la tarea.	1. El estudiante evalúa correctamente su capacidad para realizar una tarea.  0. La evaluación del estudiante no se corresponde con su rendimiento en la tarea.	Posibilidad de que este ítem mida más la autoconfianza/concepto que la evaluación metacognitiva. Con el fin de garantizar que los estudiantes disponen de información suficiente para hacer predicciones sobre su rendimiento, la pregunta de autoinforme se presenta mejor a los estudiantes después de que hayan tenido la oportunidad de practicar un tipo de problema (es decir, antes de que empiecen a trabajar en la segunda o tercera tarea seguida del centro de aprendizaje). La puntuación de este ítem requiere cierta interpretación del rendimiento a nivel de tarea y debería limitarse a juicios sobre el rendimiento definido por la calidad de la solución (es decir, prácticas cognitivas, no procesos de autorregulación).	Preguntas de autoinforme contextualizadas.
Después de trabajar en una tarea compleja, el estudiante evalúa correctamente en qué medida ha completado la tarea con éxito.	El estudiante selecciona de una lista de opciones predefinidas la respuesta que mejor describe en qué medida ha realizado la tarea.	1. El estudiante evalúa correctamente si ha completado totalmente, si ha completado parcialmente o si no ha completado la tarea dada.  0. La evaluación del estudiante no coincide con su descriptor de rendimiento.	La puntuación de este ítem requiere cierta interpretación del rendimiento a nivel de tarea, y debería limitarse a juicios de rendimiento definidos por la calidad de la solución (es decir, prácticas cognitivas y no procesos de autorregulación).	Preguntas de autoinforme contextualizadas.

### 5.1.3. Medición de los procesos de regulación no cognitiva

La principal fuente de pruebas sobre los procesos de regulación no cognitiva de los estudiantes serán los ítems de autoinforme. Los datos de autoinforme se recogerán de los estudiantes a través de dos tipos de ítems: 1) ítems situados, administrados a los estudiantes durante la prueba y 2) ítems incluidos en el cuestionario para estudiantes de PISA 2025. Los ítems de autoinforme situados son específicos de cada unidad (es decir, se pide a los estudiantes que informen sobre sus percepciones de rendimiento, nivel de esfuerzo y estado(s) afectivo(s) en relación con una unidad o tarea concreta dentro de esa unidad), y se presentarán a los estudiantes mientras trabajan en una tarea o inmediatamente después de completar la unidad. Aunque estos ítems serán específicos de cada unidad, las observaciones repetidas para cada aspecto del modelo de competencia (por ejemplo, «esforzarse») podrían agregarse para formar una medida de escala. Podrían elaborarse indicadores sencillos basados en el porcentaje de estudiantes que manifiestan determinados estados afectivos o niveles de esfuerzo. También podrían obtenerse indicadores más complejos combinando estos datos con datos de archivos de registro; por ejemplo, el nivel de esfuerzo autodeclarado por los estudiantes podría compararse con su nivel de actividad en el entorno de aprendizaje. Por el contrario, los ítems del cuestionario de los estudiantes de PISA 2025 no serán específicos de cada unidad y recogerán información sobre los procesos de aprendizaje autorregulado de los estudiantes en general. En su caso, esta información también podría compararse con los datos de autoinforme situados.

Una consideración importante con respecto a los ítems de autoinforme situados que se administran durante la prueba es que pueden tener efectos no deseados en el rendimiento de los estudiantes, ya sea interrumpiendo el flujo auténtico del aprendizaje o incitando a un comportamiento que, de otro modo, el estudiante no habría realizado. Por lo tanto, será importante validar los efectos de la operacionalización de estos ítems en el rendimiento de los estudiantes (por ejemplo, mediante laboratorios cognitivos). Una posible solución sería interferir lo menos posible en los procesos de aprendizaje de los estudiantes, pidiéndoles que evalúen su rendimiento, esfuerzo y estados afectivos solo una vez después de haber completado cada unidad.

### 5.1.4. Contabilización de la preparación inicial de los estudiantes en la prueba

Para medir la capacidad de aprendizaje de los estudiantes en el mundo digital, la prueba debe ofrecerles oportunidades de aprender y demostrar su competencia tanto en las prácticas de indagación computacional y científica como en el aprendizaje autorregulado. Sin embargo, las prácticas de indagación computacional y científica se sustentan en un conjunto de conocimientos y experiencias relevantes (véase el capítulo 3: «Definición del dominio en PISA»). Además, los conocimientos previos de los estudiantes sobre el tema o las funciones básicas de las TIC también pueden influir en su rendimiento en la prueba.

Poder determinar y tener en cuenta la preparación inicial de los estudiantes es fundamental por varias razones. La prueba requiere que los estudiantes se comprometan en un proceso de aprendizaje autorregulado, lo que significa que los estudiantes necesitan ser desafiados adecuadamente y que los problemas no pueden resolverse simplemente recordando hechos. La diversidad de la población estudiantil entre los países participantes en PISA significa que los estudiantes tendrán inevitablemente niveles significativamente diferentes

de preparación inicial. Esto significa que, aunque los estudiantes pueden demostrar ostensiblemente los mismos resultados de rendimiento (es decir, completar con éxito el mismo número de retos), algunos pueden haber sido más competentes en la aplicación de las prácticas de cálculo e investigación científica, mientras que otros pueden haber participado en procesos más productivos de aprendizaje autorregulado. La capacidad de discriminar entre los estudiantes de esta manera añadirá información valiosa en el análisis y la presentación de informes de rendimiento de los estudiantes mediante la determinación de los estudiantes que demostraron mayores «ganancias de aprendizaje» o proporcionando más pruebas para validar las medidas de los procesos de aprendizaje autorregulado.

La preparación inicial de los estudiantes puede evaluarse mediante una breve prueba previa al principio de cada unidad en la que se les pida que demuestren prácticas de cálculo e investigación científica relevantes para esa unidad sin acceso a los recursos de aprendizaje. Por ejemplo, se les puede pedir que interpreten la relación entre dos variables en un gráfico de dispersión o el resultado de un algoritmo determinado. La prueba previa se centrará en los conocimientos que sustentan las prácticas de indagación computacional y científica porque, en la medida de lo posible, las unidades no requerirán que los estudiantes tengan conocimientos específicos sobre el tema de aprendizaje. Por ejemplo, las unidades se centrarán en cuestiones o problemas que sean familiares para todos los estudiantes o para los que las relaciones entre variables no puedan conocerse sin participar en un proceso de investigación utilizando herramientas computacionales.

En el caso de que el conocimiento específico del contexto pueda influir en el rendimiento, puede ser posible evaluar el conocimiento previo de los estudiantes sobre el tema de aprendizaje antes de que se involucren con el contenido de la unidad (es decir, a través de autoinformes sobre la familiaridad con el tema). Los conocimientos previos de los estudiantes sobre las funciones básicas de las TIC se medirán a través de tutoriales sobre cómo utilizar las interfaces digitales de aprendizaje (para más información sobre los tutoriales, véase en el apartado 5.3. Diseño de pruebas y estructura unitaria).

## **5.2. Consideraciones sobre el diseño de la unidad: entorno de pruebas y asequibilidad**

### **5.2.1. Entornos digitales de aprendizaje**

La mejor forma de demostrar y evaluar el aprendizaje en el mundo digital es hacer que los estudiantes participen en experiencias de aprendizaje complejas en entornos de aprendizaje digitales interactivos y abiertos, ya que pueden proporcionar contextos auténticos y herramientas informáticas adecuadas para el aprendizaje basado en la investigación y la resolución de problemas. Los estudiantes pueden utilizar herramientas informáticas para realizar experimentos, simulaciones y representar sus conocimientos emergentes construyendo y perfeccionando activamente artefactos informáticos tangibles. La interactividad de estos entornos permite a los estudiantes generar comentarios inmediatos sobre sus ideas y experimentos que pueden utilizar para perfeccionar sus soluciones, lo que les brinda oportunidades para el aprendizaje autorregulado y la investigación.

La prueba PISA 2025 pedirá a los estudiantes que aprendan y resuelvan problemas en estos entornos digitales abiertos e interactivos. Estos entornos digitales de prueba proporcionarán a los estudiantes diversas herramientas informáticas que podrán utilizar para construir iterativamente sus conocimientos y soluciones. Aunque las herramientas específicas proporcionadas a los estudiantes varían de una unidad a otra, el entorno de aprendizaje digital más amplio de cada unidad compartirá similitudes estructurales y estilísticas, así como un conjunto de características fundamentales. Entre ellas se incluyen:

- Una herramienta (o herramientas) y un espacio de trabajo en el que los estudiantes pueden construir una representación computacional ejecutable (por ejemplo, un modelo, un algoritmo);
- Facilidades que permiten a los estudiantes participar en un proceso de aprendizaje autodirigido (por ejemplo, información sobre la precisión o la calidad de su artefacto computacional, recursos de información externos);
- Un registro de «eventos» (es decir, archivos de registro) generados por las interacciones de los estudiantes dentro del entorno (por ejemplo, tiempo total dedicado a una tarea, número y características de las pruebas ejecutadas, uso de recursos, ediciones/adiciones a un artefacto computacional, etcétera).

En cuanto a los tipos de herramientas computacionales que los estudiantes utilizarán en la prueba, la evaluación incluirá diferentes herramientas de modelado o programación visual que pueden utilizarse para representar y manipular las relaciones entre variables, generar datos o controlar agentes individuales o múltiples dentro de un sistema. En resumen, cada herramienta permite a los estudiantes construir un artefacto computacional ejecutable que sirve para avanzar en su comprensión de un fenómeno o resolver un problema computacional. Desde el punto de vista de la evaluación, es posible valorar la calidad o precisión de los artefactos computacionales de los estudiantes, que pueden interpretarse como pruebas de una iteración productiva de indagación, procesamiento de la información, modelización y diseño algorítmico.

Es importante que tanto las herramientas como las representaciones computacionales que pueden construir sean accesibles e intuitivas para los estudiantes, de modo que la prueba no confunda la familiaridad y el conocimiento previo de la herramienta por parte de los estudiantes con su capacidad para aplicar prácticas computacionales y de indagación científica. Por ejemplo, las herramientas de programación basadas en bloques visuales proporcionan un entorno muy accesible en el que las personas pueden construir algoritmos sin ningún conocimiento previo de lenguajes de programación o sintaxis complejos. Los bloques de comandos de una biblioteca predeterminada pueden arrastrarse y soltarse en el espacio de trabajo, donde pueden unirse a otros bloques para crear un algoritmo (o conjunto de instrucciones). Estos bloques de comandos pueden incluir tanto comandos lineales simples (por ejemplo, avanzar) como principios y mecanismos de flujo de control más complejos (por ejemplo, condicionales, estructuras repetitivas, etcétera). Los diagramas de flujo son otra representación sencilla que puede utilizarse para modelar el comportamiento de los agentes o controlar una simulación. Los estudiantes tienen que conectar cuadros de mando y flechas predefinidos en un orden determinado para definir un proceso o una secuencia de pasos. Se trata de una forma especialmente eficaz y accesible de controlar una simulación cuando en ella intervienen múltiples agentes que operan

de forma concurrente (es decir, modelización basada en agentes). Se ha comprobado que los modelos basados en agentes proporcionan una forma intuitiva, incluso para los niños pequeños, de modelar sistemas que de otro modo serían demasiado complejos de conceptualizar, porque los estudiantes pueden observar los comportamientos del sistema que surgen de las interacciones de los agentes (Sengupta y Wilensky, 2011). Otros modelos ejecutables, como los mapas conceptuales (que conectan imágenes y palabras), son también representaciones muy accesibles que no requieren conocimientos de lenguajes de programación complejos.

Por último, en las unidades centradas en la construcción de modelos, los estudiantes también tendrán que determinar cómo se interrelacionan las variables relevantes. En algunos casos, los estudiantes utilizarán su artefacto computacional (por ejemplo, una simulación) para realizar experimentos y generar datos que puedan utilizar para analizar estas relaciones. En otros, puede que necesiten utilizar una herramienta de datos independiente (por ejemplo, una herramienta gráfica o un generador de experimentos) que les permita comparar o crear sus propios casos de prueba y datos.

### **5.2.2. Facilidades y recursos para el aprendizaje**

Las interfaces digitales de aprendizaje descritas anteriormente deben incluir múltiples posibilidades y recursos que los estudiantes puedan utilizar para avanzar hacia sus objetivos de aprendizaje. En primer lugar, deben ayudar a los estudiantes —especialmente a los que tienen un menor nivel de preparación inicial— a progresar en la prueba, lo que a su vez aumentará la cantidad de pruebas producidas a lo largo de la prueba; en segundo lugar, estas facilidades son esenciales para producir pruebas de cómo los estudiantes participan en un proceso activo e iterativo de construcción de conocimientos y resolución de problemas, en particular, si participan en sus procesos de aprendizaje autorregulado y cómo lo hacen. En los párrafos siguientes se describen varias formas posibles de proporcionar a los estudiantes facilidades y recursos para el aprendizaje a lo largo de la prueba.

#### **Tutorial**

Se introducirá a los estudiantes en el entorno digital de aprendizaje a través de breves módulos tutoriales al principio de cada unidad. El objetivo principal del tutorial es demostrar cómo los estudiantes pueden navegar por el entorno, la funcionalidad básica de la(s) herramienta(s) computacional(es) en el entorno y dónde pueden acceder a los recursos de aprendizaje durante las tareas. Para reducir la carga de lectura, el tutorial será interactivo e incluirá instrucciones breves. Los estudiantes deben poder consultar los elementos del tutorial para recordar las funciones de las herramientas y para qué puede utilizarse cada elemento de la interfaz.

#### **Sistemas de ayuda multinivel**

Los sistemas de ayuda multinivel pueden proporcionar un andamiaje a medida que los estudiantes trabajan en las tareas y generan pruebas de comportamientos productivos de búsqueda y uso de ayuda. El sistema de ayuda pretende ofrecer a los estudiantes la oportunidad de utilizar los recursos de aprendizaje para avanzar hacia sus objetivos de aprendizaje, así como proporcionar apoyo de rescate a los estudiantes con dificultades en una tarea determinada. El entorno digital de aprendizaje proporcionará a los estudiantes

un botón de «ayuda» que podrán pulsar en caso necesario; el tutorial demostrará cómo los estudiantes pueden utilizar esta posibilidad para aprender con los recursos o para progresar cuando estén atascados. Se informará a los estudiantes al principio de la fase de aprendizaje, así como dentro del propio sistema de ayuda (mediante avisos emergentes, por ejemplo), de cómo el uso de la ayuda afectará su puntuación en el examen. La medida en que el uso de los recursos de ayuda moderará la puntuación de rendimiento de los estudiantes dependerá de la medida en que la orientación proporcionada a los estudiantes modifique entonces la dificultad de la tarea.

Habrán tres niveles de ayuda dentro del sistema de ayuda multinivel. En cada tarea de la fase de aprendizaje, el primer nivel de ayuda proporcionará una orientación de alto nivel sobre el concepto o conceptos que los estudiantes deben aplicar, pero no indicará explícitamente a los estudiantes cómo deben aplicar el concepto. Por lo tanto, se espera que los estudiantes aprendan de forma autónoma sobre el concepto cuando utilicen el primer nivel de ayuda, y recibirán crédito completo en la tarea si deciden acceder a este recurso. Para tareas más complejas en las que se pide a los estudiantes que aprendan y apliquen múltiples conceptos, los estudiantes pueden elegir los recursos de aprendizaje más relevantes que se correspondan con su necesidad. El segundo nivel de ayuda se concibe como una sugerencia del tutor para ayudar a los estudiantes que tienen dificultades para resolver el problema por sí mismos. Proporcionará una orientación más explícita sobre cómo aplicar el concepto objetivo al problema específico. Los estudiantes que accedan al segundo nivel de ayuda solo podrán obtener un crédito parcial por presentar una solución correcta (en la escala de prácticas de indagación científica/computacional). El tercer nivel de ayuda proporcionará a los estudiantes la solución correcta de la tarea, acompañada de anotaciones paso a paso del proceso de solución. Los estudiantes no recibirán ningún crédito por enviar una solución correcta después de haber visto el tercer nivel. Debe tenerse en cuenta que, para todas las acciones coherentes realizadas después de ver un recurso de aprendizaje, los estudiantes aún podrán obtener créditos para la escala de aprendizaje autorregulado (se espera que los comportamientos de aprendizaje autorregulado y las prácticas de indagación científica/computacional se reporten en dos escalas separadas).

En la fase de desafío de la unidad, el primer nivel de ayuda serán estas soluciones a las tareas de la fase de aprendizaje. La disponibilidad de estas soluciones debería permitir a todos los estudiantes adquirir cierta familiaridad con los conceptos que se espera que apliquen en la tarea de desafío, incluidos aquellos estudiantes que no hayan podido resolver todas las tareas de la fase de aprendizaje.

### **Función «Prueba»**

Es difícil construir representaciones computacionales precisas sin la oportunidad de recibir retroalimentación. La posibilidad de examinar y comparar la exactitud de la propia representación computacional con el resultado deseado es una prestación esencial de toda interfaz digital de aprendizaje en esta prueba. Los estudiantes deben disponer de un botón de «prueba» que les permita supervisar su progreso a medida que construyen sus representaciones computacionales hasta que decidan enviar sus iteraciones finales.

La naturaleza específica de la función de prueba variará en función de la interfaz. Por ejemplo, en un entorno de programación visual, el resultado deseado de un algoritmo puede

definirse mediante un estado objetivo concreto del entorno cuadrículado; los estudiantes pueden probar su algoritmo «ejecutándolo» y comparando su resultado con el estado objetivo deseado. Los modelos computacionales pueden evaluarse comparando su precisión con el fenómeno real, lo que significa que el comportamiento tanto del modelo como del fenómeno debe transformarse en datos que puedan visualizarse y compararse de forma accesible. Por ejemplo, los estudiantes pueden comprobar su modelo pulsando un botón designado que resaltará los elementos del modelo que sean incorrectos; una interfaz de simulación visual puede mostrar tanto el comportamiento real del agente o agentes de un sistema como el comportamiento modelizado del agente o agentes.

### **Retroalimentación automatizada (sin pruebas)**

Además de proporcionar orientación o retroalimentación «a demanda» a través de las pruebas, el entorno de aprendizaje digital también proporciona a los estudiantes retroalimentación automatizada. Un ejemplo es la información sobre la corrección de una solución. Por ejemplo, cuando un estudiante presenta una solución computacional que podría mejorarse (por ejemplo, haciéndola más completa o más eficiente), el sistema le pedirá que siga trabajando en ella. Otro tipo de respuesta automatizada podría dirigirse a los estudiantes que están atascados y no pueden o no quieren buscar la orientación adecuada. Por ejemplo, se podría pedir automáticamente a los estudiantes que ejecuten determinadas acciones si permanecen inactivos durante un largo periodo de tiempo en el mismo problema, o si siguen repitiendo el mismo error sin buscar más orientación. Este tipo de retroalimentación será necesaria para garantizar que todos los estudiantes puedan avanzar en la prueba, aunque no sean capaces de completar con éxito todas las tareas.

## **5.3. Diseño de pruebas y estructura unitaria**

### **5.3.1. Distribución de unidades y tareas**

Los estudiantes que realicen la evaluación del aprendizaje en el mundo digital dedicarán hasta una hora a los ítems del aprendizaje en el mundo digital, mientras que la hora restante de la prueba se asignará a una combinación de ítems de matemáticas, lectura o conocimientos científicos. Por lo tanto, las unidades de aprendizaje en el mundo digital se organizan en grupos de 30 minutos, que se colocarán en múltiples formatos de prueba por computadora de acuerdo con un diseño de prueba rotatorio. Las unidades contendrán un número suficiente de ítems (incluidos ítems derivados de datos de proceso) para que los estudiantes puedan demostrar su capacidad de participar en prácticas de indagación computacional y científica y de aprendizaje autorregulado. No todas las unidades proporcionarán pruebas de todos los componentes del modelo de competencias, pero la prueba se montará de tal manera que haya una cobertura adecuada del modelo de competencias a escala de población.

Dada la larga duración de las unidades de examen —para garantizar que los estudiantes puedan participar en un proceso iterativo de construcción de conocimientos y resolución de problemas—, los estudiantes solo se examinarán en un máximo de dos unidades. Es preferible que los estudiantes se examinen en unidades suficientemente diferentes entre sí (por ejemplo, una unidad en la que trabajen en una simulación y otra en la que construyan

un mapa conceptual). La mayor parte del tiempo de las pruebas (aproximadamente el 80 %) se dedicará a ítems que involucren a los estudiantes en la realización de experimentos, análisis de datos y construcción y depuración de artefactos computacionales, ya sea a través de ítems discretos cortos que se dirijan a los conceptos o prácticas relevantes o a tareas más extensas y abiertas. Por lo general, los estudiantes trabajarán en tareas más extensas y abiertas después de haber practicado primero los conceptos y prácticas objetivo en ítems más cortos y discretos.

### 5.3.2. Estructura de las unidades

Aunque las unidades se basarán en escenarios y contextos diferentes, compartirán la misma organización. Todas las tareas de una unidad estarán relacionadas con un objetivo de aprendizaje claro. Los objetivos de aprendizaje serán modulares (es decir, estarán compuestos por diferentes elementos y organizados en niveles de complejidad creciente) y accesibles a todos los estudiantes, pero estos tendrán que interactuar con las herramientas y los recursos del entorno de aprendizaje digital para adquirir nueva información y avanzar hacia su consecución.

Cada unidad constará de cinco fases consecutivas:

1. Fase de introducción
2. Fase de pruebas previas integradas
3. Fase de tutoría
4. Fase de aprendizaje
5. Fase de desafío

Los estudiantes responderán a ítems de autoinforme situados durante la unidad que se utilizarán para recabar información sobre sus procesos de regulación metacognitiva y no cognitiva. Para minimizar la interrupción del proceso de aprendizaje de los estudiantes, estos ítems aparecerán solo al principio o al final de una fase determinada.

#### **Fase de introducción**

Cada unidad comienza con una página estática que presenta los objetivos generales de aprendizaje de esa unidad. Cada unidad tiene su propia «portada», en la que se describe el contexto/escenario de la unidad y uno o varios objetivos de aprendizaje que los estudiantes deben tratar de alcanzar al final de la unidad. Esta fase sirve esencialmente para calibrar la motivación de los estudiantes para comprometerse con las tareas de la unidad.

Un agente informático de género neutro hará las veces de «tutor» de los estudiantes para guiarlos a lo largo de la unidad. Esto incluye presentar la historia de portada a los estudiantes, hacerles preguntas (ítems de autoinforme situados) y proporcionarles los recursos según los distintos niveles del sistema de ayuda.

#### **Fase de pruebas previas integradas**

La fase de preprueba incorporada se compone de ítems breves y discretos que se centran en los conceptos y prácticas clave que los estudiantes deberán emplear para progresar en

la unidad. El propósito de esta fase es evaluar lo que los estudiantes ya saben y pueden hacer por sí mismos. Esto se comunicará claramente a los estudiantes y se les dará la oportunidad de aprender y practicar estos conceptos durante la fase de aprendizaje de la unidad. Para que esta fase sea lo más eficaz posible y para evaluar los conocimientos ya adquiridos, la prueba previa empleará una combinación de preguntas de opción múltiple y de preguntas en las que se pida a los estudiantes que ejecuten una acción específica. Por ejemplo, se puede pedir a los estudiantes que emparejen gráficos con diferentes enunciados de relación, o que interpreten la salida de un algoritmo dado que contenga un bucle (es decir, en lugar de programar ellos mismos un algoritmo completo con un bucle). Los estudiantes no tendrán acceso a pistas, ejemplos o comentarios durante esta fase de la unidad.

### **Fase de tutoría**

Los estudiantes realizan un tutorial antes de iniciar las fases de aprendizaje y los retos de la unidad. El objetivo principal del tutorial es familiarizar a los estudiantes con la interfaz digital de aprendizaje de la unidad y sus principales funcionalidades y posibilidades, y garantizar que todos los estudiantes puedan navegar por el entorno de la prueba. Aunque las interfaces y herramientas de aprendizaje digital están diseñadas para ser accesibles, intuitivas y fáciles de usar, es posible que algunos estudiantes no estén tan familiarizados como otros con este tipo de experiencias de aprendizaje digital. Por lo tanto, el tutorial proporciona a todos los estudiantes un nivel básico de familiaridad necesario para participar de forma productiva en la unidad.

El tutorial será interactivo para garantizar que los estudiantes sean capaces de utilizar las herramientas en las siguientes fases de la unidad. Se pedirá a los estudiantes que realicen determinadas acciones (por ejemplo, «arrastrar y soltar un comando en el espacio de trabajo para construir un algoritmo») mediante instrucciones guiadas. Un enfoque interactivo podría proporcionar información adicional sobre los conocimientos de los estudiantes acerca de las funciones básicas de las TIC, que podría utilizarse para verificar que un estudiante posee los conocimientos mínimos necesarios para participar de forma productiva en la prueba.

Los estudiantes no pueden pasar a las tareas de la unidad hasta que hayan completado el tutorial (es decir, hasta que hayan completado con éxito todos los pasos del tutorial). Cada paso tendrá un límite de tiempo predefinido durante el cual los estudiantes pueden implementar la instrucción; si los estudiantes alcanzan el límite de tiempo en cualquier paso sin completar con éxito la acción, el sistema demostrará automáticamente la acción al estudiante y lo moverá al siguiente paso.

### **Fase de aprendizaje**

La fase de aprendizaje representa una de las dos fases centrales de cada unidad. La fase de aprendizaje contiene una serie de tareas discretas y cuidadosamente organizadas que ayudan a los estudiantes a prepararse para la fase de desafío.

Las tareas de la fase de aprendizaje se centran en los conceptos clave que los estudiantes deben utilizar a lo largo de la unidad, y se combinan en la fase de desafío (los mismos que los de la preprueba integrada), y corresponderán principalmente a las prácticas de «realizar experimentos y analizar datos» o «construir y depurar artefactos computacionales»

del modelo de competencias. A diferencia de las tareas integradas de la prueba previa, los estudiantes tienen acceso a varias herramientas interactivas y a un sistema de ayuda de varios niveles que les ayuda a adquirir conocimientos y a resolver problemas para completar tareas más abiertas.

Una vez que los estudiantes hayan completado las tareas de la fase de aprendizaje, o haya transcurrido el tiempo máximo para esta fase de la unidad (lo que ocurra primero), los estudiantes pasarán a la siguiente fase de la unidad. Los estudiantes podrán acceder a las soluciones correctas, con instrucciones detalladas, para cada tarea de la fase de aprendizaje buscando el primer nivel de ayuda en la fase de desafío. Esto se aclarará a los estudiantes en la breve introducción a la fase de desafío.

### **Fase de desafío**

La fase de desafío representa la otra parte central y final de la unidad. El objetivo de esta fase es permitir a los estudiantes participar en un proceso iterativo de construcción de un artefacto computacional mediante la aplicación de los conceptos y prácticas que han trabajado durante la fase de aprendizaje en una tarea ampliada y abierta. Esta fase de la unidad puede estructurarse en varios pasos (o «subtareas») con el fin de proporcionar pruebas de los distintos elementos del modelo de competencias. Los estudiantes seguirán teniendo acceso a varios niveles de ayuda durante esta fase de la unidad, incluidas las soluciones anotadas a las tareas de la fase de aprendizaje.

La fase de desafío se caracteriza por ser de «entrada baja, techo alto», lo que significa que todos los estudiantes deben ser capaces de avanzar hacia una solución utilizando los conceptos que han aprendido o practicado durante las tareas de la fase de aprendizaje, pero la mayoría de los estudiantes no podrán completar el desafío al primer intento. Se pedirá a los estudiantes que mejoren su solución si esta es incompleta, subóptima o ineficaz.

## **5.4. Enfoque de análisis e información**

El análisis y la elaboración de informes de los datos de la evaluación implican la generación de múltiples tipos de puntuaciones, entre las que se incluyen:

1. Puntuaciones escaladas del rendimiento en la prueba, con posible información diferenciada sobre las dos dimensiones del constructo (prácticas de indagación computacional y científica y procesos de monitorización metacognitiva y regulación cognitiva). La(s) escala(s) debe(n) estar organizada(s) por niveles de rendimiento;
2. Medidas del aprendizaje en el examen que tienen en cuenta los conocimientos previos de los estudiantes.
3. Indicadores de los procesos de regulación no cognitiva de los estudiantes, medidos a través de los ítems de autoinforme situados.
4. Indicadores de las experiencias, actitudes y disposiciones de los estudiantes hacia el uso de recursos digitales para el aprendizaje, medidos a través de ítems de autoinforme del módulo del cuestionario para estudiantes de PISA.

### 5.4.1. Puntuaciones escalonadas de rendimiento

Los resultados de PISA en ciencias, lectura y matemáticas se expresan en una puntuación de escala que tiene una media de 500 y una desviación típica de 100. Las puntuaciones de las pruebas de aprendizaje en el mundo digital que representan el rendimiento global también pueden seguir este enfoque y estimarse utilizando modelos de la teoría de respuesta al ítem (TRI). Sin embargo, habrá que evaluar los supuestos en los que se basan estos modelos, dado que se utiliza un entorno de pruebas más abierto que el de las pruebas tradicionales. Dada la complejidad del diseño unitario, será especialmente importante examinar la dimensionalidad de las respuestas a las pruebas, la dependencia local de las medidas, los datos perdidos no aleatorios y el grado en que se cumple el supuesto de invarianza entre países y, a su vez, seleccionar un enfoque de modelización que represente con precisión los datos.

El reto a la hora de escalar las respuestas y los comportamientos de los estudiantes en un entorno de pruebas abiertas no consiste en eliminar las dependencias de los ítems —lo cual es un empeño poco realista—, sino en identificar un modelo que sea lo suficientemente flexible y robusto como para dar cuenta explícitamente de dichas dependencias mediante parámetros adicionales del modelo. Los modelos de respuesta al ítem basados en árboles de clasificación representan una opción que tiene cierto atractivo intuitivo en el contexto de una evaluación basada en entornos de aprendizaje abiertos (IRTrees; De Boeck y Partchev, 2012; Jeon y De Bock, 2015). Los modelos IRTrees pueden tratar la covarianza dentro de tareas complejas a través de estructuras de nodos que capturan procesos secuenciales como estructuras de árbol, donde cada rama termina con un nodo final binario. El estado de estos nodos finales contiene la información de respuesta para un ítem. La transformación de las acciones de los estudiantes en el entorno abierto en un conjunto de ítems IRTree también puede utilizarse para modelar índices de procesos de aprendizaje autorregulado como un conjunto de indicadores latentes.

El modelo teórico que sustenta la evaluación considera que las prácticas de indagación computacional y científica y el aprendizaje autorregulado están muy interconectados, ya que ambos contribuyen a la capacidad de los estudiantes para aprender con herramientas digitales. Sin embargo, la indagación computacional y el aprendizaje autorregulado son objetivos educativos teóricamente distintos. Por lo tanto, será importante evaluar empíricamente la posibilidad de proporcionar dos puntuaciones distintas para las dos competencias. Sobre la base de los resultados del análisis, la competencia de los estudiantes en las prácticas de resolución de problemas informáticos y en el aprendizaje autorregulado podría describirse mediante dos escalas o dos subescalas distintas.

Normalmente, los resultados de la escala de puntuación de PISA se convierten en niveles de rendimiento, que caracterizan los niveles generales de rendimiento asociados a las bandas de puntuación de la escala. Las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en las pruebas de «Aprendizaje en el mundo digital» también deben convertirse en niveles de rendimiento, y la distribución de los estudiantes en cada nivel de rendimiento debe comunicarse por países. El número y la descripción de los niveles de rendimiento se definirán tras la recogida de datos de la prueba de campo y en consulta con el Grupo de Expertos. También se adaptarán a la definición de las dimensiones de la escala (por ejemplo, si las prácticas de investigación computacional y científica y el aprendizaje autorregulado pueden notificarse por separado).

### 5.4.2. Medidas de aprendizaje en el examen

Una característica única de la evaluación es la provisión de ayuda y recursos para permitir el aprendizaje constructivista durante la prueba. Se espera que algunos estudiantes tengan un mayor nivel de preparación inicial que otros porque han tenido más oportunidades de participar en experiencias de aprendizaje similares (es decir, conocimientos y habilidades previos), o porque simplemente se sienten más cómodos trabajando con las tareas seleccionadas. Sin embargo, se espera que el rendimiento de los estudiantes dependa, al menos en parte, de su capacidad para utilizar de forma productiva la ayuda, la retroalimentación y los recursos de aprendizaje a su disposición a través de un esfuerzo autodirigido y específico para cubrir sus lagunas de conocimiento. Desde una perspectiva política, es importante distinguir entre los estudiantes que alcanzaron un punto determinado en la escala de rendimiento porque tenían un buen nivel de preparación inicial, de los estudiantes que alcanzaron ese punto partiendo de un nivel de preparación relativamente inferior pero demostrando una mejor competencia de aprendizaje autorregulado. Esta distinción puede lograrse desarrollando medidas de las ganancias de aprendizaje.

Se explorarán distintos enfoques analíticos para informar sobre medidas complementarias de rendimiento que reflejen el aprendizaje de los estudiantes en la prueba. La mayoría de los enfoques requieren el desarrollo de medidas de la capacidad inicial mediante una prueba previa. Los ítems estáticos (sin recursos de aprendizaje) pueden utilizarse para poblar la medida de la capacidad inicial, y las ganancias de aprendizaje podrían aproximarse estimando el rendimiento en las fases interactivas de la prueba condicionado a la preparación inicial. Otros enfoques podrían consistir en estructurar cuidadosamente las unidades en subtareas en las que cada nueva tarea se basa en la anterior, y aplicar modelos dinámicos que tengan en cuenta las relaciones jerárquicas entre las subtareas. Por ejemplo, los modelos IRTrees podrían utilizar nodos de variables latentes que tienen como objetivo separar y modelar el impacto de la capacidad inicial en la capacidad final (DiTrapani et al., 2016). Como alternativa, podrían emplearse modelos de redes bayesianas dinámicas (DBN) para modelar el dominio de diferentes competencias en diferentes momentos (o entre subtareas iniciales y posteriores), con niveles previos de habilidad modelados como influyentes en los niveles finales de habilidad. Los resultados de los dos estudios piloto ayudarán a determinar si se puede estimar de forma fiable una medida de las ganancias de aprendizaje y si añade suficiente valor a los informes como para justificar los posibles costes en términos de tiempo de prueba.

### 5.4.3. Indicadores de los procesos de regulación no cognitiva de los estudiantes

Los indicadores de los procesos de regulación no cognitiva de los estudiantes se desarrollarán utilizando los ítems de autoinforme situados que se administran a los estudiantes durante la prueba, así como, posiblemente, utilizando los datos del archivo de registro recogidos a medida que los estudiantes realizan las tareas (es decir, para medir el esfuerzo). Estos indicadores pueden cruzarse entre sí o con otras medidas de rendimiento en la prueba para contextualizar el rendimiento de los estudiantes o describir los distintos perfiles de estudiantes en los países. Por ejemplo, en un país puede haber estudiantes que rindan relativamente bien en las tareas, pero relativamente pocos que creen que pueden completar con éxito una tarea determinada. La presentación de estos análisis puede ser tan

sencilla como comparar países en un gráfico bidimensional, o más compleja, basada en algún tipo de análisis de conglomerados que genere perfiles multidimensionales.

Las sucesivas versiones del marco, basadas en los resultados de los estudios de validación, definirán métodos viables y eficaces para elaborar indicadores de los procesos de regulación no cognitiva de los estudiantes. Los estudios de validación también definirán en qué medida los indicadores relacionados con el mismo constructo pero medidos utilizando diferentes fuentes de pruebas (por ejemplo, autoinformes situados y datos de proceso) se combinarán para generar perfiles de estudiantes.

#### **5.4.4. Indicadores de las experiencias, actitudes y disposiciones de los estudiantes hacia el aprendizaje con recursos digitales**

Además de los datos recogidos durante la prueba, la evaluación recopilará información autodeclarada por estudiantes, profesores y directores de centros escolares mediante el uso de cuestionarios. Estos cuestionarios podrían extraer información sobre las influencias del aprendizaje en el mundo digital que no se evalúan directamente en la prueba (por ejemplo, actitudes y creencias), así como producir escalas adicionales que midan aspectos del aprendizaje autorregulado que se miden mejor a través de cuestionarios descontextualizados que mediante ítems de autoinforme situados. El cuestionario también tendrá como objetivo comprender la exposición de los estudiantes al aprendizaje digital en el aula y para hacer los deberes, como el tipo de actividades en las que participan utilizando herramientas o plataformas digitales, el papel del profesor y la frecuencia de estas actividades. El Grupo de Expertos definirá los constructos relevantes y los tipos de ítems que se incluirán en los cuestionarios (incluida la posibilidad de introducir ítems de cuestionario más innovadores, como preguntas de juicio situacional) y se describirán en iteraciones sucesivas de este marco.



## Referencias bibliográficas

- Ackermann, E. (2001). *Piaget's Constructivism, Papert's Constructionism: What's the Difference?* [http://learning.media.mit.edu/content/publications/EA.Piaget%20\\_%20Papert.pdf](http://learning.media.mit.edu/content/publications/EA.Piaget%20_%20Papert.pdf)
- Bandura, A. (1993). Perceived Self-Efficacy in Cognitive Development and Functioning. *Educational Psychologist*, 28(2), 117-148.
- Bandura, A. (2001). Social cognitive theory of mass communication. *Mediapsychology*, 3, 265-99.
- Basu, S. y Biswas, G. (2016). Providing Adaptive Scaffolds and Measuring Their Effectiveness in Open Ended Learning Environments. En C. K. Looi, J. L. Polman, U. Cress y P. Reimann (eds.). *Transforming Learning, Empowering Learners: The International Conference of the Learning Sciences (ICLS) 2016, Volumen 1*. International Society of the Learning Sciences.
- Basu, S., Biswas, G. y Kinnebrew, J. S. (2017). Learner modeling for adaptive scaffolding in a Computational Thinking-based science learning environment. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 27, 5-53. <https://doi.org/10.1007/s11257-017-9187-0>
- Basu, S., Kinnebrew, J. S., Dickes, A., Farris, A. V., Sengupta, P., Winger, J. y Biswas, G. (2012). A Science Learning Environment Using a Computational Thinking Approach. En *Proceedings of the 20th International Conference on Computers in Education*.
- Biswas, G., Segedy, J. R. y Bunchongchit, K. (2016). From Design to Implementation to Practice a Learning By Teaching System: Betty's Brain. *International Journal of Artificial Intelligence Education*, 26, 350-364.
- Bodner, G. M. (1986). Constructivism: A Theory of Knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63, 873-878.
- Brennan, K. y Resnick, M. (2012). *Using artifact-based interviews to study the development of computational thinking in interactive media design*. Paper presented at annual American Educational Research Association meeting, Vancouver, BC, Canada.
- Chang, K. E., Sung, Y. T. y Chen, S. F. (2001). Learning through computer-based concept mapping with scaffolding aid. *Journal of Computer Assisted Learning*, 17, 21-33.
- Chinn, C. A. y Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-49.
- Clapp, E. P., Ross, J., Ryan, J. O. y Tishman, S. (2017). *Maker-Centered Learning: Empowering Young People to Shape Their Worlds*. John Wiley & Sons.

- Collins, A., Brown, J. S. y Newman, S. E. (1989). Cognitive Apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing and mathematics. En L. Resnick (ed.). *Knowing, Learning and Instruction: Essays in Honor of Robert Glaser* (pp. 453-494).
- De Boeck, P. y Partchev, I. (2012). IRTrees: Tree-Based Item Response Models of the GLMM Family. *Journal of Statistical Software*, 48(1), 1-28. <https://doi.org/10.18637/jss.v048.c01>
- DiTrapani, J., Jeon, M., De Boeck, P. y Partchev, I. (2016). Attempting to differentiate fast and slow intelligence: using generalized item response trees to examine the role of speed on intelligence tests. *Intelligence*, 56(1), 82-92. <http://dx.doi.org/10.1016/j.intell.2016.02.012>
- Dweck, C. S. y Leggett, E. L. (1988). A social cognitive approach to motivation and personality. *Psychology Review*, 95, 256-273.
- Eccles J. S., Adler, T. F., Futterman, R., Goff, S. B., Kaczala, C. M., Meece, J. L., y Midgley, C. (1983). Expectancies, values, and academic behaviors. En J. T. Spence (ed.). *Achievement and achievement motivation* (pp. 75-146). W. H. Freeman.
- Efklides, A. (2011). Interactions of Metacognition with Motivation and Affect in Self-regulation Learning: The MASRL Model. *Educ. Psychol.*, 46(6), 6-25.
- Efklides, A., B. L. Schwartz y Brown V. (2017). Motivation and Affect in Self-regulated Learning: Does Metacognition Play a Role? En D. Schunk y J. Greene (eds.). *Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance* (pp. 1-15). 2.<sup>a</sup> ed. Routledge.
- Flake, J. K., Barron, K. E., Hulleman, C., McCoach, B. D. y Welsh, M. E. (2015). Measuring cost: The forgotten component of expectancy-value theory. *Contemporary Educational Psychology*, 41, 232-244.
- Flavell, J. H. (1981). Cognitive monitoring. En W. P. Dickson (ed.). *Children's oral communication skills* (pp. 35-60). Academic Press.
- Frailon, J., Ainley, J., Schulz, W., Friedman, T. y Gebhardt, E. (2014). *Preparing for life in a digital age: the IEA International Computer and Information Literacy Study International Report*. International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA), Springer. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-14222-7>
- Fredricks, J., Blumenfeld, P. y Paris, A. (2004). School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59-109.
- Galaup, M., Segonds, F., Lelardeux, C. y Lagarrigue, P. (2015). Mecagenius: An innovative learning game for mechanical engineering. *International Journal of Engineering Education*, 31(3), 786-797.
- Glaser, R., Schauble, L., Raghavan, K. y Zeits, C. (1992). Scientific reasoning across different domains. En E. de Corte, M. Linn, H. Mandl y L. Verschaffel (ed.). *Computer-based Learning Environments and Problem Solving*. Springer-Verlag.

- Hamilton, E. R., Rosenberg, J. M. y Akcaoglu, M. (2016). The Substitution Augmentation Modification Redefinition (SAMR) Model: a Critical Review and Suggestions for its Use. *TechTrends*, 60, 433-44. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0091-y>
- Hsieh, P. H. (2011). Mastery Orientation. En S. Goldstein y J. A. Naglieri (eds.). *Encyclopedia of Child Behavior and Development* (pp. 915-916). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-79061-9\\_1722](https://doi.org/10.1007/978-0-387-79061-9_1722)
- Hutchins, N. M., Biswas, G., Zhang, N., Snyder, C., Lédeczi, Á. y Maróti, M. (2020). Domain-Specific Modeling Languages in Computer-Based Learning Environments: a Systematic Approach to Support Science Learning through Computational Modeling. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 30, 537-580. <https://doi.org/10.1007/s40593-020-00209-z>
- Järvelä, S. y Hadwin, A. (2015). Examining the emergence and outcomes of regulation in CSDL. *Computers in Human Behavior*, 52, 559-561.
- Järvelä, S., Järvenoja, H. y Muukkonen, H. (2021). Motivation in collaborative inquiry environments. En C. Chinn, R. Golan Duncan, S. Goldman y M. Kapur (eds.). *International handbook of inquiry and learning*. Routledge.
- Järvenoja, H., Järvelä, S., Törmänen, T., Näykki, P., Malmberg, J., Mykkänen, A. e Isohätälä, J. (2018). Capturing motivation and emotion regulation during a learning process. *Frontline Learning Research*, 6(3), 85-104. <https://doi.org/10.14786/flr.v6i3.369>
- Jeon, M. y De Boeck, P. (2015). A generalized item response tree model for psychological assessments. *Behavior Research Methods*, 48, 1070-1085.
- Jong T. de y M. Njoo. (1992). Learning and Instruction with Computer Simulations: Learning Processes Involved. En E. De Corte, M. C. Linn, H. Mandl y L. Verschaffel (eds.). *Computer-Based Learning Environments and Problem Solving. NATO ASI Series (Series F: Computer and Systems Sciences), vol. 84*. Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-77228-3\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-642-77228-3_19)
- Jong, T. de (2006). Technological advances in inquiry learning. *Science*, 312(5773), 532-533. <https://doi.org/10.1126/science.1127750>
- Jong, T. de, Beishuizen, J., Hulshof, C., Prins, F., Van Rijn, H., van Someren, M., Veenman, M. V. J. y Wilhelm, P. (2014). Determinants of discovery learning in a complex simulation learning environment. En P. Gardenfors y P. Johansson (eds.). *Cognition, Education, and Communication Technology* (pp. 257-284). Routledge, Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9781410612892>
- Jong, T. de, Sotiriou, S. y Gillet, D. (2014). Innovations in STEM education: the GoLab federation of online laboratories. *Smart Learning Environments*, 1(3), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0003-6>
- Kaffash, H. R., Kargiban, Z. A., Kargiban, S. A. y Talesh Ramezani, M. (2010). A Close Look into Role of ICT in Education. *International Journal of Instruction*, 3(2), 64-82.

- Keselman, A. y Kuhn, D. (2002). *Facilitating self-directed experimentation in the computer environment*. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.16.8607&rep=rep1&type=pdf>
- Kim, C., Park, S. W., Cozart, J. y Lee, H. (2015). From Motivation to Engagement: The Role of Effort Regulation of Virtual High School Students in Mathematics Courses. *Journal of Educational Technology and Society*, 18(4), 261-272.
- Klahr, D., Fay, A. L. y Dunbar, K. (1993). Heuristics for scientific experimentation: A developmental study. *Cognitive Psychology* 24(1), 111-146.
- Krajcik, J. (2015). Three-Dimensional Instruction: Using a New Type of Teaching in the Science Classroom. *Science Scope* 39(3), 16-18.
- Krathwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory into Practice*, 41(4).
- Kroehne, U. y Goldhammer, F. (2018). How to conceptualize, represent, and analyze log data from technology-based assessments? A generic framework and an application to questionnaire items. *Behaviormetrika*, 45, 527-56.
- Kuhn, D., Black, J., Keselman, A. y Kaplan, D. (2000). The development of cognitive skills to support inquiry learning. *Cognition and Instruction*, 18(4), 495-523.
- Lloyd, M. (2005). Towards a definition of the integration of ICT in the classroom. En AARE 2005, AARE, (eds.). *Proceedings AARE '05 Education Research - Creative Dissent: Constructive Solutions*.
- Maddux, C. D., Johnson, D. L. y Willis, J. W. (2001). *Educational computing: Learning with tomorrow's technologies*, 3.<sup>a</sup> ed. Allyn & Bacon.
- Maloney, J., Resnick, M., Rusk, N., Silverman, B. y Eastmond, E. (2010). The Scratch programming language and environment. *ACM Transactions on Computing Education* 10(4), 1-15.
- Mega, C., Ronconi, L. y De Beni, R. (2014). What makes a good student? How emotions, self-regulated learning, and motivation contribute to academic achievement. *J. Educ. Psychol.*, 121-131.
- Mhlongo, S., Dlamini, R. y Khoza, S. (2017). A conceptual view of ICT in a socioconstructivist classroom. *Proceedings of the 10th Annual Pre-ICIS SIG GlobDev Workshop*, Seoul, South Korea, Sunday December 10, 2017.
- Miodusar, D., Nachmias, R., Tubin, D. y Forkosh-Baruch, A. (2003). Analysis schema for the study of domains and levels of pedagogical innovation in schools using ICT. *Education and Information Technologies*, 8(1), 23-36.
- Mishra, P., Koehler, M. J. y Kereluik, K. (2009). The Song Remains the Same: Looking Back to the Future of Educational Technology. *Tech Trends*, 53(5), 48-53. <https://doi.org/10.1007/s11528-009-0325-3>

- Moos, D. y Azevedo, R. (2009). Learning with computer-based learning environments: A literature review of computer self-efficacy. *Review of Educational Research*, 79(2), 576-600.
- OECD. (2019a). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. OECD. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
- OECD. (2019b). *Learning Compass*.
- OECD. (2019c). *Framework on ICT*.
- OECD. (2020). *Science visioning group*.
- Panadero, E. (2017). A Review of Self-regulated Learning: Six Models and Four Directions for Research. *Frontiers of Psychology*, 8(422). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00422>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas*. Basic Books.
- Papert, S. (1986). *Constructionism: A new opportunity for elementary science education. A proposal to the National Science Foundation*. Massachusetts Institute of Technology, Media Laboratory, Epistemology and Learning Group.
- Papert, S. (1991). Situating constructionism. En I. Harel y S. Papert (eds.). *Constructionism* (pp. 1-11). <http://www.papert.org/articles/SituatingConstructionism.html>
- Patton, E. W., Tissenbaum, M. y Harunani, F. (2019). MIT App Inventor: Objectives, Design, and Development. En S. C. Kong y H. Abelson (eds). *Computational Thinking Education*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_3)
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C., Zacharia, Z. C. y Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Piaget, J. (1971). *Psychology and Epistemology: Towards a Theory of Knowledge*. Grossman.
- Piaget, J. (1976). Piaget's Theory. En B. Inhelder, H. H. Chipman y C. Zwingmann (eds.). *Piaget and His School*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-46323-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-46323-5_2)
- Pintrich, P. R. y de Groot, E. V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 33-40. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0022-0663.82.1.33>
- Puentedura, R. (2011). *Metaphors, models, and flows: Elements for a cartography of technology in learning*. <http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/000061.html>
- Quintana, C., Reiser, B. J., Davis, E. A., Krajcik, J., Fretz, E., Golan Duncan, R., Kyza, E., Edelson, D. y Soloway, E. (2004). A scaffolding design framework for software to support scientific inquiry. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 337-386.

- Ristić Dedić, Z. (2014). Metacognitive knowledge in relation to inquiry skills and knowledge acquisition within a computer-supported inquiry learning environment. *Psychological Topics*, 23(1), 115-141.
- Roberts, R., Gott, R. and Glaesser, J. (2010). Students' approaches to open-ended science investigation: the importance of substantive and procedural understanding. *Research Papers in Education*, 25(4), 377-407. <http://dx.doi.org/10.1080/02671520902980680>
- Rowe, J. P., Mott, B. W., McQuiggan, S. W., Robison, J. L., Lee, S. y Lester, J. C. (2009). *14th International Conference on Artificial Intelligence in Education Workshops Proceedings. Volume 3. Workshop on Intelligent Educational Games.*
- Saab, N., van Joolingen, W. R. y van Hout-Wolters, B. H. A. M. (2009). The relation of learners' motivation with the process of collaborative scientific discovery learning. *Educational Studies*, 35(2), 205-222.
- Salomon, G. y Perkins, D. N. (2005). Do technologies make us smarter? Intellectual amplification with, of and through technology. En R. J. Sternberg y D. D. Preiss (eds.). *The educational psychology series. Intelligence and technology: The impact of tools on the nature and development of human abilities* (pp. 71-86). Lawrence Erlbaum.
- Schauble, L., Glaser, R., Raghavan, K. y Reiner, M. (1991). Causal models and experimentation strategies in scientific reasoning. *The Journal of the Learning Sciences*, 1, 201-239.
- Scratch. (2016). <https://scratch.mit.edu/>.
- Sengupta, P., Kinnebrew, J. S., Basu, S., Biswas, G. y Clark, D. (2013). Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: A theoretical framework. *Education and Information Technologies*, 18(2), 351-380.
- Thompson, L. F., Meriac, J. P. y Cope, J. G. (2002). Motivating online performance: The influences of goal setting and internet self-efficacy. *Social Science Computer Review*, 20(2), 149-160.
- Tubin, D. (2006). Typology of ICT Implementation and Technology Applications. *Computers in the Schools*, 23(1-2), 85-98. [https://doi.org/10.1300/J025v23n01\\_08](https://doi.org/10.1300/J025v23n01_08).
- Valente, J. A. y Blikstein, P. (2019). Maker Education: Where is the Knowledge Construction? *Constructivist Foundations* 14(3), 252-262. <https://constructivist.info/14/3/252>
- Van Joolingen, W. R., de Jong, T. y Dimitrakopoulou, A. (2007). Issues in computer supported inquiry learning in science. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(2), 111-119.
- Van Riesen, S. A. N., Gijlers, H., Anjewierden, A. y de Jong, T. (2018). The influence of prior knowledge on experiment design guidance in a science inquiry context.

*International Journal of Science Education*, 40(11), 1327-1344. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1477263>

- Vygotsky, L. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wecker, C., Kohnle, C. y Fischer, F. (2007). Computer literacy and inquiry learning: when geeks learn less. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23, 133-144.
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L. y Wilensky, U. (2016). Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127-147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- Wieman, C. E., Adams, W. K. y Perkins, K. K. (2008). PhET: Simulations that Enhance Learning. *Science*, 322(5908), 682-683.
- Wilensky, U. (1999). *NetLogo*. Center for Connected Learning and Computer-Based Modelling. Northwestern University.
- Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- Zhang, N. y Biswas, G. (2019). Defining and Assessing Students' Computational Thinking in a Learning by Modeling Environment. En Kong, Siu-Cheung y Harold Abelson. *Computational Thinking Education*. SpringerOpen.



# Anexo

## Descripción detallada de las unidades de ensayo prototipo

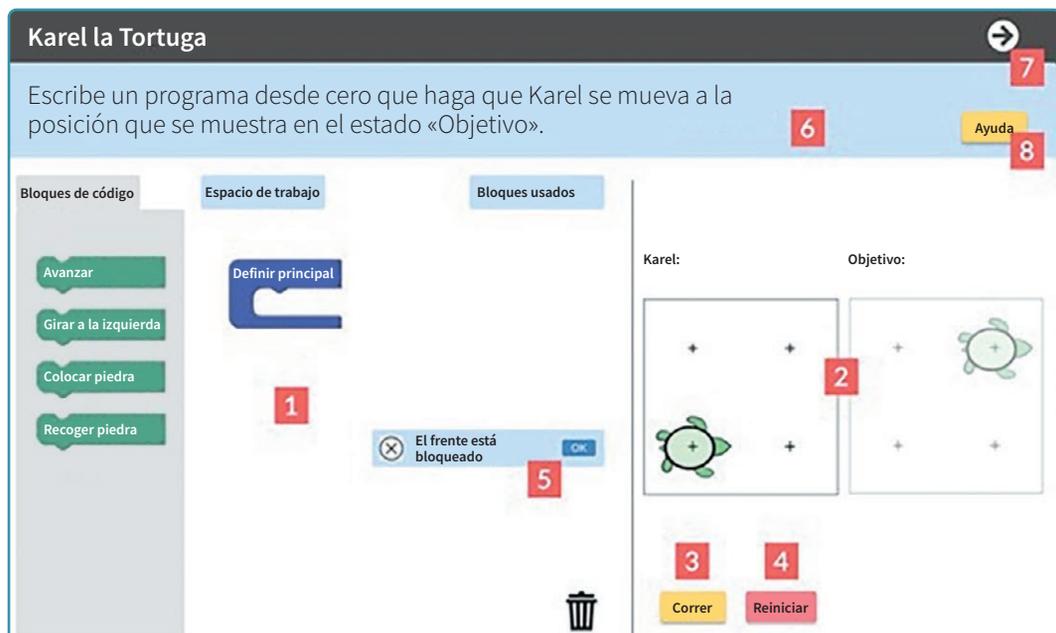
### Unidad prototipo 1. Karel

En esta unidad se pide a los estudiantes que construyan algoritmos para ordenar a un robot sencillo (Karel) que ejecute acciones en un entorno en forma de cuadrícula (arriba-abajo e izquierda-derecha). En este entorno, Karel entiende cuatro instrucciones básicas: «avanzar», «girar a la izquierda», «colocar piedra» y «recoger piedra». Estas acciones programadas pueden considerarse abstracciones de diversos problemas de navegación en el mundo real. Los estudiantes aprenderán conceptos y prácticas relevantes, como la descomposición y las estructuras básicas de flujo de control, a través de una serie de tareas de andamiaje en la fase de aprendizaje de la unidad.

#### Elementos clave del entorno digital de aprendizaje

El entorno digital de aprendizaje de esta unidad se compone de una interfaz de programación visual basada en bloques que presenta una simulación de agente único (véase la figura A1).

**FIGURA A1.** Elementos clave de la interfaz de programación por bloques



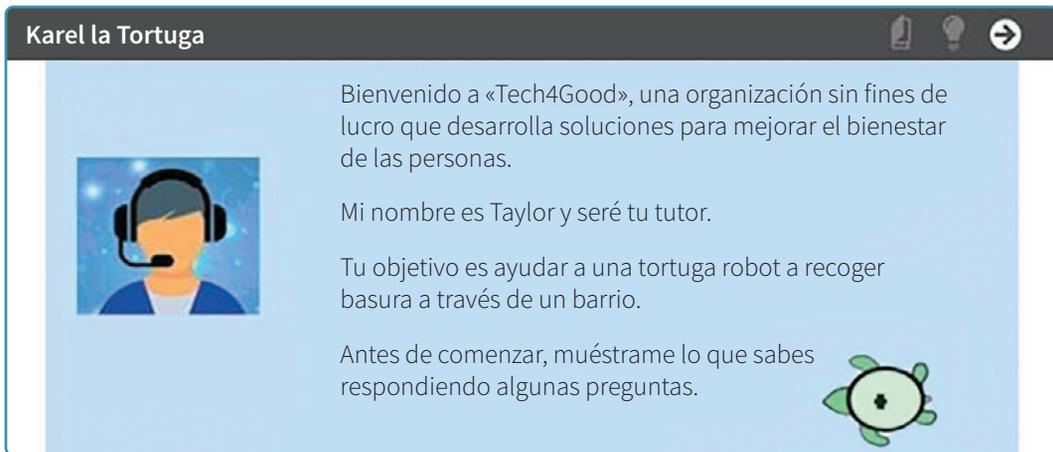
Los elementos clave para el usuario de la interfaz de programación basada en bloques se enumeran en la figura A1 (arriba) e incluyen:

1. **Constructor de soluciones basado en bloques («Espacio de trabajo»):** Los estudiantes arrastran y sueltan bloques de código predefinidos (o «comandos») en el constructor de soluciones para construir algoritmos con los que instruir a Karel. El constructor puede personalizarse en función de la tarea, en términos de tipos de bloques y funcionalidades ofrecidas a los estudiantes. Los estudiantes pueden eliminar comandos de su algoritmo arrastrando y soltando el comando en la papelera situada en la esquina inferior derecha del espacio de trabajo. Un contador («Bloques utilizados») indica cuántos bloques han añadido los estudiantes a su programa.
2. **Estados «Karel» y «Objetivo»:** Es el entorno cuadrículado en el que Karel existe y ejecuta acciones. Cada píxel (es decir, el signo «+» negro) puede contener hasta un conjunto número de piedras (diamantes azules). Al ejecutar el algoritmo, el sistema modela el comportamiento de Karel en el estado «Karel». La posición final de Karel y la (no) presencia de piedras se comparan en los estados «Karel» y «Meta» para determinar si el algoritmo construido por el estudiante ha tenido éxito o no.
3. **Botón «Ejecutar»:** El botón «Ejecutar» permite a los estudiantes ejecutar el algoritmo en el generador de soluciones como una simulación del comportamiento de Karel en el entorno. El sistema proporciona retroalimentación automática en forma de mensaje emergente después de una prueba (véase #5 en la figura A1).
4. **Botón «Reiniciar»:** El botón de reinicio permite a los estudiantes detener la ejecución de la simulación y restablecer el estado inicial de Karel, lo que hace posible que los estudiantes ajusten su programa.
5. **Mensajes emergentes:** Estos mensajes aparecen automáticamente después de que el estudiante pruebe ('ejecute') un algoritmo para comunicarle errores, o en caso de que el estudiante permanezca inactivo durante cierto tiempo.
6. **Instrucciones del ítem:** Las instrucciones de los ítems comunican sucintamente lo que los estudiantes tienen que hacer en el ítem y cuál es el objetivo deseado. El objetivo también puede representarse visualmente, mostrando el estado final deseado del entorno al finalizar la tarea.
7. **Botón «Siguiente» (flecha):** Este botón permite a los estudiantes enviar su programa y pasar a la siguiente tarea.
8. **Botón «Ayuda»:** El botón de ayuda es accesible en cualquier momento para las tareas de las fases de aprendizaje y desafío. Cuando un estudiante pulsa el botón de ayuda, se le ofrecen varios niveles de recursos.

## Fase de introducción

La página de introducción estática presenta a los estudiantes al robot Karel a través del agente informático o «tutor» (véase la figura A2). Una posible presentación de la unidad podría ser que los estudiantes tuvieran que programar un robot capaz de recoger y mover basura.

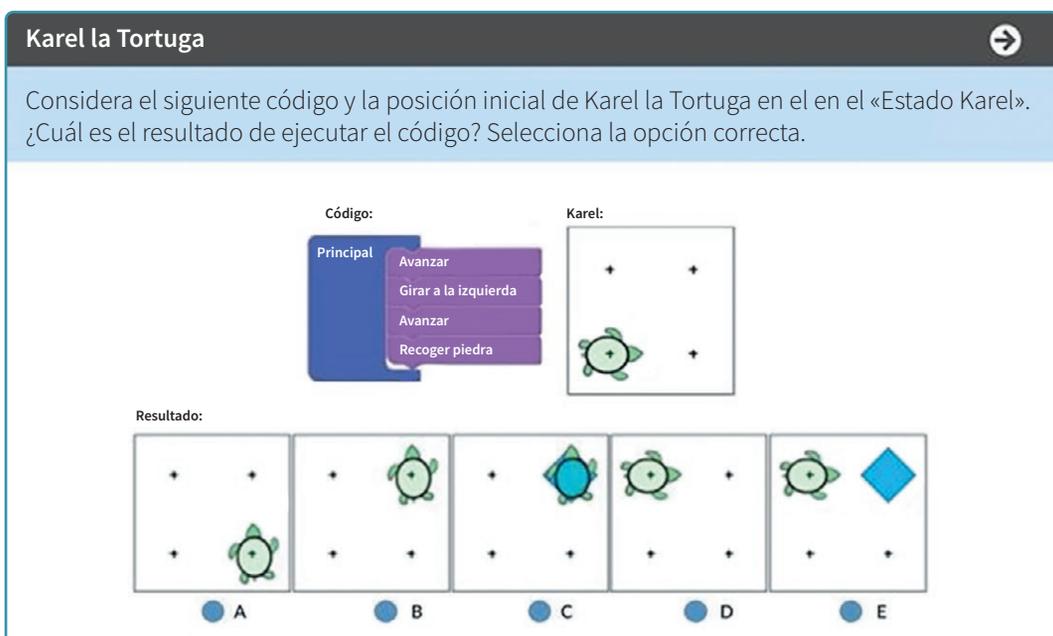
**FIGURA A2.** Página estática de introducción de la unidad prototipo «Karel»



### Fase de pruebas previas integradas

El agente informático (o «tutor») introduce la fase de preevaluación integrada de esta unidad indicando a los estudiantes que muestren al tutor lo que ya saben (véase la figura A2). Esta fase se centra en tres conceptos clave que sustentan el resto de las tareas de la unidad: secuencias, funciones y repeticiones. La figura A3 sugiere un posible ítem estático de opción múltiple en el que se pide a los estudiantes que identifiquen correctamente el resultado de una secuencia de instrucciones. Podrían preverse ítems similares para los restantes ítems de la prueba previa centrados en funciones y repeticiones.

**FIGURA A3.** Ejemplo de pregunta estática de opción múltiple de la prueba previa sobre secuencias



## Fase de tutoría

El tutorial es una serie de pasos cortos e interactivos que ayudan a los estudiantes a familiarizarse con las acciones y controles básicos de Karel, así como a entender cómo utilizar el entorno de programación basado en bloques. Los primeros pasos introducen las acciones básicas que Karel puede realizar, utilizando botones interactivos para controlar a Karel en tiempo real, como se ejemplifica en la figura A4.

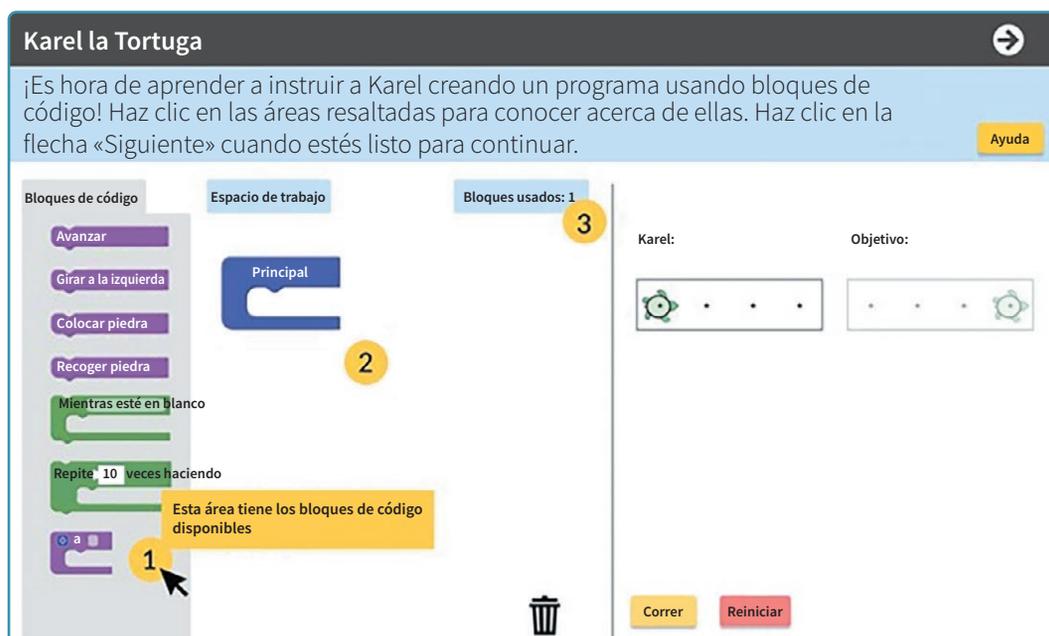
El tutorial pasa de los botones interactivos a la interfaz de programación basada en bloques, que se presenta a los estudiantes como una forma más potente de controlar a Karel. Una secuencia posterior de pasos interactivos ayuda a los estudiantes a comprender los distintos elementos de la interfaz, así como a utilizarla para construir un algoritmo que controle a Karel. Por ejemplo, se les muestra cómo construir un algoritmo arrastrando y soltando bloques en el «espacio de trabajo», o que pulsando el botón «Ejecutar» se ejecuta el algoritmo línea a línea. A continuación, los estudiantes tienen la oportunidad de construir algoritmos sencillos arrastrando y manipulando bloques en el «espacio de trabajo», como se ejemplifica en la figura A5.

Un sistema automatizado de retroalimentación ayudará a guiar a los estudiantes a través de los pasos del tutorial, que proporcionará breves descripciones de texto como se ejemplifica en la figura A5. El tutorial finaliza presentando el sistema de ayuda multinivel.

**FIGURA A4.** Ejemplo de página tutorial con botones interactivos



**FIGURA A5.** Ejemplo de página tutorial de introducción al constructor de soluciones basado en bloques



## Fase de aprendizaje

Las tareas de la fase de aprendizaje de esta unidad incluyen diversos tipos de problemas, como elementos abiertos en los que se pide a los estudiantes que generen un algoritmo, completen un algoritmo parcial o corrijan/modifiquen un algoritmo defectuoso. Las tareas siguen una progresión lineal, comenzando con programas sencillos que integran los conceptos básicos —funciones y repeticiones— y progresando después en dificultad al modificar la complejidad de los estados «Karel» y «Objetivo».

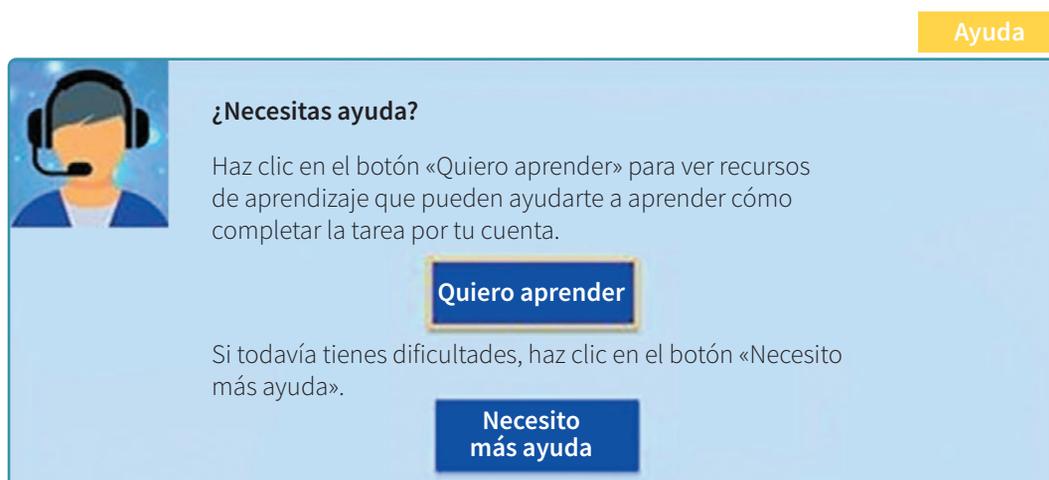
En la figura A6 se muestra un ejemplo de tarea en el centro de aprendizaje para el concepto «funciones». El objetivo de la tarea es diseñar un bloque «girar a la derecha» para ayudar a Karel a pasar de la posición inicial en el estado «Karel» a la posición en el estado «Objetivo». La instrucción del ítem (esquina superior derecha) informa a los estudiantes de que pueden construir nuevos comandos (es decir, bloques) para resolver problemas; en este caso, mover a Karel alrededor de una pared construyendo un bloque «girar a la derecha». Los estudiantes pueden aprender a construir nuevos comandos buscando información sobre sus intentos (es decir, interactuando con el constructor de soluciones, probando su solución algorítmica y recibiendo información situada sobre el éxito de su intento) o accediendo a los recursos de aprendizaje de la tarea a través del botón «ayuda». Los estudiantes recibirán información automática a través de una ventana emergente cuando envíen un algoritmo que funcione, aunque no sea óptimo, para preguntarles si desean seguir mejorando su solución para la tarea en cuestión o pasar a la siguiente. Los datos de este elemento pueden contribuir a la faceta «supervisar el progreso y adaptarse» del modelo de competencias, así como al compromiso de los estudiantes con la tarea.

FIGURA A6. Ejemplo de tarea en el centro de aprendizaje

El primer nivel de ayuda (al que se puede acceder haciendo clic en el botón «Quiero aprender», como se ejemplifica en la figura A7) para esta tarea de ejemplo podría proporcionar primero a los estudiantes un recurso de aprendizaje que introduzca el concepto de funciones en programación y cómo se implementan las funciones en la interfaz de codificación por bloques. El segundo nivel de ayuda (al que se accede pulsando el botón «Necesito más ayuda» de la figura A7) podría proporcionar instrucciones más explícitas y contextualizadas sobre cómo construir la función específica (por ejemplo, «considera cuántas veces tienes que girar a la izquierda para girar a la derecha»).

Los datos de este ítem aportarán evidencias para la faceta «construir y depurar artefactos computacionales» del modelo de competencias. Los datos del proceso también pueden contribuir a la medición de los procesos de autorregulación de los estudiantes en este ítem. Por ejemplo, después de acceder al primer nivel de ayuda que introduce el concepto de funciones, el estudiante realiza inmediatamente una acción coherente (por ejemplo, interactuando con el espacio de trabajo para intentar modificar su algoritmo); esto aporta pruebas para la faceta «supervisar el progreso y adaptarse» del modelo de competencias.

**FIGURA A7.** Ejemplo de pantalla inicial del sistema de ayuda multinivel



### Fase de desafío

La fase de desafío de esta unidad consistirá en una tarea ampliada en la que los estudiantes deberán construir un algoritmo que ordene a Karel recoger todas las piedras que aparecen en una disposición compleja en el estado «Karel» y que devuelva a Karel a su posición inicial (véase la figura A8). Para construir un algoritmo preciso y eficaz, los estudiantes tendrán que aplicar varios de los conceptos y prácticas que han trabajado durante la fase de aprendizaje de la unidad. El algoritmo final de los estudiantes aportará evidencias a la faceta «construir y depurar artefactos computacionales» del modelo de competencias y se puntuará como un ítem politómico (teniendo en cuenta tanto la corrección como la calidad de la solución). La «calidad» de este elemento se referirá al número de conceptos implementados con éxito en el algoritmo, por ejemplo, repetición, encapsulación o sentencias condicionales. Los datos de proceso recogidos durante la tarea contribuirían a medir los procesos de autorregulación de los estudiantes, al igual que los ítems de autoinforme presentados a los estudiantes al principio y al final de la tarea.

También se puede pedir a los estudiantes que respondan a un ítem sobre la descomposición del problema. Por ejemplo, un ítem en el que se les pida que definan los pasos de solución que pretenden seguir para resolver el gran reto (por ejemplo, arrastrando y soltando una lista de acciones predefinidas, correspondientes a pasos de solución, en una secuencia determinada), como se muestra en la figura A9. En un elemento de este tipo, las diferentes vías de solución podrían descomponerse en trozos más pequeños y describirse de forma visual o en lenguaje natural (por ejemplo, «recoger todas las piedras de un cuadrado de  $2 \times 2$ »). Este es un ejemplo del tipo de ítems que podrían diseñarse para aportar pruebas sobre la faceta «descomponer problemas y reconocer patrones» del modelo de competencias.

FIGURA A8. Ejemplo de tarea «gran reto» en la unidad «Karel»

**Karel la Tortuga**

Indicale a Karel que recoja todas las piedras y regrese a la posición Objetivo usando la menor cantidad de comandos posibles. Ayuda

**Bloques de código** | **Espacio de trabajo** | **Bloques usados: 1**

Definir mi nombre  
Avanzar  
Girar a la izquierda  
Colocar piedra  
Recoger piedra  
Repetir 10 veces hacer

Principal

**Karel:**

**Objetivo:**

Correr Reinciar

FIGURA A9. Ejemplo de tarea de descomposición en la fase del gran reto

**Karel la Tortuga**

Define los primeros SEIS (6) pasos que planeas seguir para construir tu solución a la tarea del gran desafío. Selecciona un paso de tu solución, arrastra y suelta los pasos en el orden en que los completarás. Cualquier paso de la solución se puede utilizar varias veces.

**Pasos de la solución**

Recoger todas las piedras en esta fila | Girar y mover a la derecha una columna | Girar, subir dos filas, mover a la izquierda 5 columnas, girar

Recoger todas las piedras en este cuadrado | Recoger todas las piedras en esta fila | Gira y subir una fila

Paso 2 | Paso 3

Paso 4 | Paso 5 | Paso 6

**Karel:**

**Objetivo:**

Correr Reinciar

## Prototipo de la unidad 2. Me gusta

La segunda unidad prototipo requiere que los estudiantes construyan modelos computacionales investigando y estableciendo relaciones entre variables para responder a preguntas y hacer predicciones. La «portada» de la unidad es que los estudiantes deben investigar los factores que determinan si a alguien le gusta o no una película o un restaurante, en el contexto del desarrollo de una aplicación que proporcione a la gente sugerencias basadas en un sistema de calificación. Este sistema de valoración puede modelizarse en relación con características observables de las películas y los restaurantes, que luego se utilizan para orientar futuras elecciones. Este tipo de aplicaciones son cada vez más populares (por ejemplo, Netflix, Kindle, Spotify, etcétera) y los conceptos y métodos de modelización que las sustentan también se aplican a muchos otros contextos.

### Elementos clave del entorno de aprendizaje

En esta unidad, los estudiantes construyen conocimiento utilizando herramientas de exploración de datos, representan este conocimiento construyendo un mapa conceptual ejecutable y, a continuación, utilizan el mapa para hacer predicciones/recomendaciones. El entorno digital de aprendizaje de esta unidad se compone, por tanto, de dos interfaces digitales principales y complementarias: una interfaz de mapa conceptual y una interfaz de herramienta de «prueba». Las figuras A10 y A11 muestran posibles instancias de estas interfaces.

El diseño de la interfaz ejecutable de mapas conceptuales, «Modeliza», se basa en herramientas digitales de elaboración de mapas conceptuales ya existentes: [SageModeler](#) (desarrollado por Concord Consortium) y [Betty's Brain](#) (desarrollado por la Universidad de Vanderbilt). Los estudiantes utilizarán la interfaz ejecutable de mapas conceptuales para crear una representación visual de su comprensión de las relaciones conceptuales (es decir, qué variables se afectan mutuamente) y cuantitativas (es decir, en qué medida un cambio unitario en una variable afecta a otra variable) entre las variables del modelo.

Los elementos clave para el usuario de la interfaz del mapa conceptual ejecutable se enumeran en la figura A10 e incluyen:

1. **Lista de variables:** Los estudiantes pueden seleccionar las variables de entrada que añadirán a su modelo. Cada variable se representa como un bloque con una imagen y un título que pueden arrastrar y soltar en cualquier lugar dentro del espacio de modelado de la interfaz.
2. **Vincular variables:** Haciendo clic en la flecha de la casilla «Enlace», los estudiantes pueden conectar variables relacionadas. La dirección de la flecha indica qué variable afecta a la otra.
3. **Etiquetado de vínculos:** Los modelos ejecutables requieren que se especifiquen pesos para cada vínculo entre variables, indicando cómo afecta una determinada variación de la variable de entrada a la variable de salida. Estas ponderaciones pueden expresarse mediante un lenguaje formal (es decir, funciones) o no formal (es decir, «el aumento de la variable de entrada (precio) en un punto disminuye la variable de salida (valoración) en un punto»). En la interfaz Modeliza, los estudiantes

deben hacer clic en el icono del gráfico con el signo ? que aparece en el centro de la flecha de enlace para especificar la relación funcional entre las variables de entrada y salida. Para acomodar una tarea más compleja que implique una variable moderadora, la funcionalidad se ha diseñado de forma que, cuando los estudiantes hagan clic en el ícono, aparezca un menú desplegable que primero pregunte al estudiante si la relación dada está influida por otro factor seleccionando Sí/No. Si el estudiante selecciona «Sí», debe seleccionar la variable moderadora de una lista desplegable y, a continuación, seleccionar el gráfico correcto que exprese con precisión las relaciones. Si el estudiante selecciona «No», se le proporciona una lista de gráficos que representan las relaciones funcionales entre las dos variables situadas en el espacio de trabajo de modelización.

4. **Botón «Comprobar modelo»:** Este botón permite a los estudiantes comprobar hasta qué punto su modelo se ajusta a los datos, examinando los resultados comparativos en una tabla de datos. Se indica a los estudiantes que un buen modelo puede predecir con exactitud las preferencias de un individuo objetivo.
5. **Instrucciones del ítem:** Las instrucciones de los ítems comunican sucintamente lo que los estudiantes tienen que hacer en la tarea. También pueden contener preguntas de opción múltiple y enunciados para completar mediante desplegables.
6. **Botón «Siguiente» (flecha):** Este botón permite a los estudiantes enviar un modelo «terminado» y pasar a la siguiente tarea o fase.
7. **Botón «Ayuda»:** El botón de ayuda es accesible en cualquier momento para las tareas de las fases de aprendizaje y desafío. Cuando un estudiante pulsa el botón de ayuda, se le ofrecen varios niveles de ayuda.

FIGURA A10. Visual de la interfaz del mapa conceptual (Modeliza)

¡Me gusta!

¿Cuál es la relación entre la fecha de estreno de una película y la puntuación (calificación) de Mark? Completa la frase con la opción correcta: puntuación de Alex -----⊙ si la película se ha estrenado -----⊙

Compara

Mostrar las siguientes 6 tarjetas

Película 2 Película 3

Crear mi propia tarjeta

Película X

Película 4 Película 5 Película 6

Película 1

Película 5 Película 5 Película 3

Califica 2 4 1 3

Modeliza

Enlace

Duración de la película

Características

Reseñas Precio del alquiler

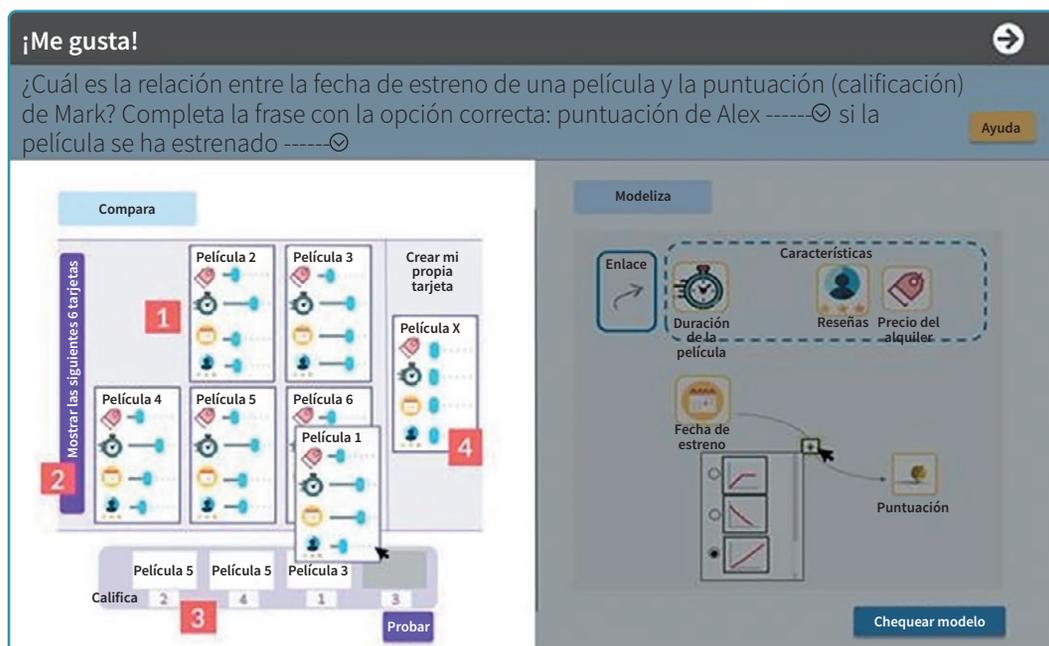
Fecha de estreno

Puntuación

Chequear modelo

Ayuda

FIGURA A11. Visual de la interfaz de la herramienta de pruebas (Compara)



Nota: Los íconos utilizados en las imágenes de este documento son de Freepik, Vectors Market y DinosoftLabs de [www.flaticon.com](http://www.flaticon.com) y [www.pixabay.com](http://www.pixabay.com)

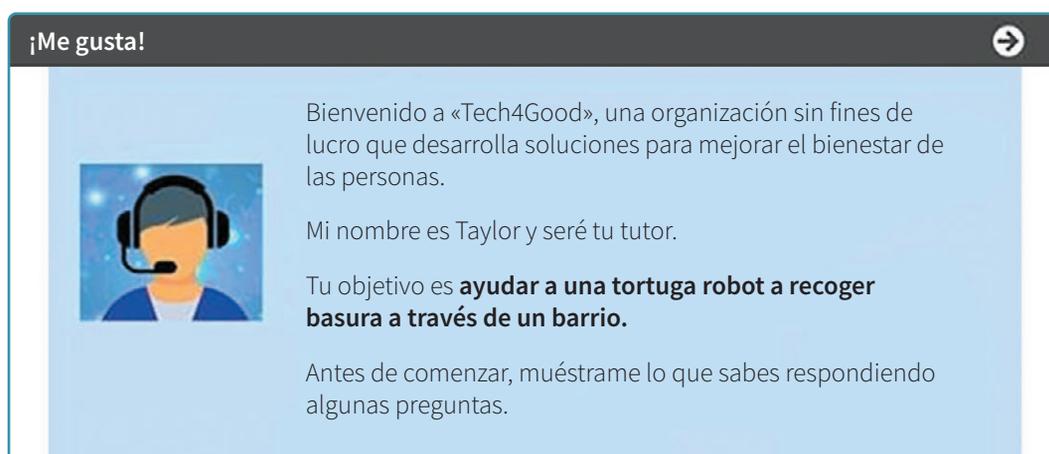
Los estudiantes construirán sus modelos computacionales después de explorar las relaciones entre las variables utilizando la herramienta de pruebas «Compara». Los elementos clave para el usuario de la interfaz de la herramienta de pruebas se enumeran en la figura A11, e incluyen:

1. **Juego de tarjetas:** Los estudiantes disponen de varios casos de prueba (presentados en forma de tarjetas con características variables) para que puedan comparar cómo calificaría cada caso de prueba el individuo objetivo (por ejemplo, Alex). Todos los casos de prueba contienen valores predefinidos para las variables.
2. **Botón «Mostrar las 6 tarjetas siguientes»:** Este botón permite a los estudiantes cambiar el conjunto de tarjetas que aparecen en la pantalla (se ponen a disposición varios conjuntos de tarjetas para que los estudiantes puedan aplicar una estrategia de control de variables).
3. **Tablero de pruebas y botón «Probar»:** Los estudiantes pueden comparar tarjetas (es decir, casos de prueba) arrastrando y soltando hasta cuatro tarjetas en las ranuras abiertas en el tablero de pruebas. Al hacer clic en el botón «Probar» se muestra una clasificación de los casos de prueba por orden de preferencia de la persona destinataria.
4. **Panel «Crear mi propia tarjeta»:** Los estudiantes también pueden crear un caso de prueba (o 'tarjeta') para compararlo con las tarjetas disponibles, especificando los valores de las variables para esa tarjeta ajustando los controles deslizantes.

## Fase de introducción

La página de introducción estática presenta a los estudiantes el objetivo de la unidad a través del agente informático (o «tutor») (véase la figura A12). El objetivo de esta unidad es que los estudiantes construyan un modelo para predecir si a un individuo (por ejemplo, Alex) le gustará algo (como una canción, una película, un restaurante, etcétera) basándose en sus características y en los juicios previos del individuo.

**FIGURA A12.** Página de introducción estática de la unidad prototipo «¡Me gusta!»



## Fase de pruebas previas integradas

La fase de preprueba integrada para esta unidad se centra en tres conceptos clave que sustentan el resto de las tareas de la unidad:

1. visualizar datos en un modelo
2. representar esos datos
3. analizar diferentes relaciones (por ejemplo, lineales, no lineales) entre variables, así como el efecto de una variable moderadora sobre estas relaciones, con el fin de construir un modelo.

Se pueden prever diferentes ítems, como pedir a los estudiantes que seleccionen la representación visual correcta de los datos en una tabla, que seleccionen las variables que maximizan un resultado en una ecuación lineal dada o que identifiquen la relación entre dos variables comparando casos de prueba predefinidos que difieren solo en una variable (para comprobar así su comprensión de la estrategia de control de variables). Al igual que en las demás fases de la prueba previa, los estudiantes no tendrán acceso a recursos o herramientas de aprendizaje que les proporcionen información sobre sus respuestas a estas preguntas.

## Fase de tutoría

Los estudiantes son guiados a través de varios pasos en los que aprenden para qué pueden utilizarse las interfaces digitales de aprendizaje y cómo funcionan las funciones básicas de cada una de ellas (por ejemplo, arrastrar y soltar bloques de variables, vincular variables y etiquetar relaciones en la interfaz de modelado, y comprobar relaciones a través de la interfaz de la herramienta de comprobación). El tutorial termina presentando el sistema de ayuda multinivel al que se accede pulsando el botón «ayuda».

## Fase de aprendizaje

Esta fase central de la unidad incluye una serie de tareas discretas que contienen una serie de tipos de problemas en los que los estudiantes tienen que verificar, construir o depurar un modelo analizando las relaciones entre variables con estrategias de control de variables. En todas las tareas, los estudiantes trabajan con un conjunto de datos sobre las preferencias cinematográficas de Alex. La variable de resultado siempre está representada por una escala de valoración —de 0 a 20— que refleja cómo influyen determinadas características de las películas en las preferencias cinematográficas de Alex. Hay cuatro variables de entrada (es decir, características de la película): 1) precio del alquiler (la valoración de Alex disminuye a medida que aumenta el precio del alquiler); 2) duración de la película (la puntuación de Alex aumenta con la duración hasta 2 horas, después empieza a disminuir); 3) fecha de estreno (la puntuación de Alex aumenta a medida que aumenta la fecha de estreno); 4) crítica de la película (de 0 a 5 estrellas; la puntuación de Alex no cambia para los valores de crítica entre 0 y 3 estrellas, pero aumenta para las críticas entre 4 y 5 estrellas). Las tareas de la fase de aprendizaje se centran en los conceptos básicos abordados en la prueba previa incorporada (representación de datos, análisis de relaciones lineales y no lineales entre variables y el efecto de una variable moderadora en estas relaciones, si procede).

Por ejemplo, una tarea del centro de aprendizaje pide a los estudiantes que descubran la relación entre el valor de la crítica de una película (es decir, el número de estrellas que otros espectadores han dado a la película) y la calificación de Alex utilizando la interfaz Compara de la herramienta de pruebas (consulte de nuevo la figura A11). Los estudiantes deben seleccionar las tarjetas pertinentes para compararlas en el tablero de pruebas aplicando una estrategia de control de variables. Este ítem aporta pruebas para la faceta «realizar experimentos y analizar datos» del modelo de competencias. En la siguiente tarea, más compleja, se puede pedir a los estudiantes que añadan la duración de la película (una relación no lineal) al modelo, por ejemplo. El primer nivel del sistema de ayuda multinivel para la tarea más compleja podría proporcionar una explicación más general de la diferencia entre relaciones lineales y no lineales, mientras que el segundo nivel incluiría pasos más detallados sobre cómo llevar a cabo una estrategia de control de variables. Otros elementos de la fase de aprendizaje podrían introducir conceptos más complejos, como las variables moderadoras.

## Fase de desafío

La fase de desafío de esta unidad consistirá en una tarea ampliada en la que los estudiantes deberán construir un modelo de las preferencias de Jaime en materia de restaurantes (véase la figura A13). Para construir un modelo preciso y eficaz, los estudiantes tendrán que aplicar a otro contexto (elecciones de restaurante) varios de los conceptos que practicaron en la fase de aprendizaje (en la que analizaron las elecciones de películas).

**FIGURA A13.** Ejemplo de la tarea «gran reto» de la unidad «¡Me gusta!»

Los datos de esta tarea contribuirán a la faceta «realizar experimentos y analizar datos» del modelo de competencias y se puntuarán como un ítem politómico (teniendo en cuenta todas las variables correctamente vinculadas y etiquetadas). Los datos del proceso recogidos a medida que los estudiantes trabajan en esta tarea contribuirán a la medición de sus procesos de autorregulación, al igual que los ítems de autoinforme presentados a los estudiantes al principio y al final de la tarea. Por ejemplo, tras comparar las predicciones de su modelo y los datos reales de Jaime realizando una prueba, si el estudiante realiza un ajuste coherente en su modelo, esto constituiría una prueba de la faceta «controlar el progreso y adaptarse» del modelo de competencias. La fase de desafío también podría ir precedida de una tarea de descomposición, por ejemplo, se podría pedir primero a los estudiantes que definieran los pasos de la solución que pretenden aplicar (por ejemplo, completando enunciados mediante menús desplegables).







PISA  
URUGUAY



ANEP

ADMINISTRACIÓN  
NACIONAL DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA

