

Estudios de la OCDE sobre competencias

Marcos de evaluación para el Ciclo 2 del Programa para la Evaluación Internacional de Competencias de la Población Adulta (PIAAC)



Estudios de la OCDE sobre competencias

Marcos de evaluación para el Ciclo 2 del Programa para la Evaluación Internacional de Competencias de la Población Adulta (PIAAC)

El presente trabajo se publica bajo la responsabilidad del secretario general de la OCDE. Las opiniones expresadas y los argumentos utilizados en el mismo no reflejan necesariamente el punto de vista oficial de los países miembros de la OCDE.

Este documento, así como los datos y mapas incluidos en el mismo, no conllevan perjuicio alguno respecto al estatus o soberanía de ningún territorio, a la delimitación de las fronteras y límites internacionales, ni al nombre de ningún territorio, ciudad o zona.

Los datos estadísticos de Israel son suministrados por y bajo la responsabilidad de las autoridades israelíes competentes. El uso de estos datos por la OCDE se realiza sin perjuicio del estatuto de los Altos del Golán, Jerusalén Este y los asentamientos israelíes en Cisjordania bajo los términos del derecho internacional

Nota de Turquía

La información incluida en este documento referente a «Chipre» hace referencia a la parte sur de la isla. No existe una sola autoridad que represente en conjunto a las comunidades turcochipriota y grecochipriota de la Isla. Turquía reconoce la República Turca del Norte de Chipre (RTNC). Hasta que se encuentre una solución duradera y equitativa dentro del marco de las Naciones Unidas, Turquía conservará su posición respecto a la «cuestión de Chipre».

Nota de todos los Estados miembros de la Unión Europea de la OCDE y la Unión Europea

Todos los miembros de las Naciones Unidas, con la excepción de Turquía, reconocen la República de Chipre. La información incluida en este documento hace referencia al área bajo el control efectivo del Gobierno de la República de Chipre.

Cite esta publicación de la siguiente forma:

OCDE (2021), *Marcos de evaluación para el Ciclo 2 del Programa para la Evaluación Internacional de Competencias de la Población Adulta (PIAAC)*, Estudios de la OCDE sobre competencias, OECD Publishing, París, <https://doi.org/10.1787/4bc2342d-en>.

NIPO (IBD): **847-21-244-8**

NIPO (línea): **847-21-245-3**

Créditos fotográficos: Portada © aleksandr-mansurov-ru/iStockphoto; ©Lightspring/Shutterstock

Las correcciones de las publicaciones pueden encontrarse en internet en: www.oecd.org/about/publishing/corrigenda.htm.

© OECD 2021

El uso de esta obra, ya sea en formato digital o impreso, se rige por los Términos y Condiciones que se encuentran en <http://www.oecd.org/termsandconditions>.

Prólogo

El Programa Internacional para la Evaluación de Competencias de la Población Adulta (PIAAC) es una evaluación internacional de las habilidades en las competencias matemática, lectora y resolución de problemas de la población adulta. En el primer Ciclo del estudio se realizaron tres rondas de recogida de datos en un total de 39 países y regiones. Los preparativos para el Ciclo 2 de PIAAC comenzaron en 2018. Como parte de este proceso, se han reformulado las evaluaciones de competencia lectora, competencia matemática y resolución de problemas para reflejar los conocimientos actuales de estas habilidades y para aprovechar las oportunidades que ofrecen los avances tecnológicos en evaluación desde el Ciclo 1 del estudio. Este documento contiene los marcos que definen y describen las habilidades evaluadas en PIAAC Ciclo 2.

PIAAC surge de la colaboración entre los países que participan en el estudio, el contratista internacional (un consorcio dirigido por la organización Educational Testing Service), responsable del desarrollo de los instrumentos del estudio, de los procedimientos de la encuesta, del control de calidad y de la preparación de los datos; y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) responsable de la gestión del proyecto en nombre de los países participantes.

El proyecto está dirigido por el Consejo de Países Participantes en PIAAC. Durante el desarrollo del Ciclo 2 de PIAAC, el Consejo ha estado presidido por Ted Reininga (Países Bajos), junto con Aviana Bulgarelli de Italia (hasta septiembre de 2020) y, a partir de octubre de 2020, Katalin Zoltán (Hungría).

Agradecimientos

Este documento es fruto de un esfuerzo colectivo en el que han participado el contratista internacional del Ciclo 2 de PIAAC, los miembros de los grupos de expertos que dirigen el desarrollo de la evaluación en los ámbitos de la competencia lectora, la competencia matemática y la resolución adaptativa de problemas, y la OCDE.

El marco de competencia lectora fue desarrollado por el grupo de expertos en competencia lectora (LEG) del Ciclo 2 de PIAAC bajo la dirección de Jean-François Rouet (*Centre national de la recherche scientifique* [CNRS], Universidad de Poitiers, Francia). Los miembros del grupo de expertos que contribuyeron a la elaboración del marco de competencia lectora fueron Mary Anne Britt (Universidad del Norte de Illinois, Estados Unidos), Egil Gabrielsen (Universidad de Stavanger, Noruega), Johanna Kaakinen (Universidad de Turku, Finlandia) y Tobias Richter (Universidad de Würzburg, Alemania).

El marco de competencia matemática fue desarrollado por el grupo de expertos en competencia matemática (NEG) del Ciclo 2 de PIAAC, presidido por Dave Tout (Australian Council for Educational Research, Australia). Los miembros del grupo de expertos que han contribuido a la elaboración del marco de referencia para la competencia matemática son Isabelle Demonty (Universidad de Lieja, Bélgica), Javier Díez-Palomar (Universidad de Barcelona, España), Kees Hoogland (Universidad de Ciencias Aplicadas de Utrecht, Países Bajos), Terry Maguire (Foro Nacional para la Mejora de la Enseñanza y el Aprendizaje, Irlanda) y Vince Geiger (Universidad Católica Australiana, Australia).

El marco de resolución adaptativa de problemas fue desarrollado por el grupo de expertos en resolución adaptativa de problemas del Ciclo 2 de PIAAC, presidido por Samuel Greiff (Universidad de Luxemburgo). Los miembros del grupo de expertos que contribuyeron al desarrollo del marco de resolución adaptativa de problemas fueron Art Graesser (Universidad de Memphis, Estados Unidos), Dragos Iliescu (Universidad de Bucarest, Rumanía), Jean-François Rouet (CNRS, Universidad de Poitiers, Francia), Katharina Scheiter (Universidad de Tubinga, Alemania) y Ronny Scherer (Universidad de Oslo, Noruega), con la ayuda de Juliana Gottschling (Universidad de Luxemburgo) y Jan Dörendahl (Universidad de Luxemburgo).

William Thorn (OCDE) escribió la introducción.

Marylou Lennon, Laura Halderman e Irwin Kirsch (Educational Testing Service) apoyaron el trabajo de los grupos de expertos y la preparación de los documentos individuales de los marcos.

Sabrina Leonarduzzi (OCDE) preparó el documento para su publicación.

Índice

<i>Prólogo</i>	3
<i>Agradecimientos</i>	9
<i>Resumen ejecutivo</i>	11
<i>1 Los marcos de evaluación para el Ciclo 2 de PIAAC: Introducción y visión general</i>	13
Introducción	14
La evaluación de PIAAC	14
Marcos de evaluación	19
La evolución de los marcos de evaluación en las evaluaciones internacionales de la población adulta	22
Relación entre las evaluaciones de PIAAC y PISA	29
Los documentos del marco	30
Referencias	31
Anexo 1.A. Resumen de la evolución de los marcos de evaluación - de la IALS al Ciclo 2 de PIAAC	34
Observaciones	39
<i>2 Marco de evaluación del Ciclo 2 de PIAAC: Lectura</i>	42
Introducción	43
Definición de competencia lectora	46
Dimensiones básicas del dominio de lectura	48
Evaluar la competencia lectora	58
Distribución recomendada de las preguntas	59
La labor de la fluidez lectora, el compromiso y la metacognición	60
Factores que determinan la dificultad de la tarea	62
Referencias	64
Observación	69
<i>3 Marco de evaluación del Ciclo 2 de PIAAC: Competencia matemática</i>	70
Introducción	71
La evaluación de la competencia matemática en PIAAC	72
Fundamentos conceptuales y teóricos	76
Constructo de evaluación de la competencia matemática en el Ciclo 2 de PIAAC	100
Carácter operativo de la evaluación de competencia matemática de PIAAC	123
Relación entre PIAAC y PISA	138
Componentes de la competencia matemática	142

Referencias	156
Observaciones	169

4 Marco de evaluación del Ciclo 2 de PIAAC: Resolución adaptativa de problemas 170

Introducción	171
Definición de la resolución adaptativa de problemas	174
Dimensiones básicas del campo APS	183
Evaluación de la resolución adaptativa de problemas	209
La resolución adaptativa de problemas como unión entre conceptos e implicaciones relacionadas en el Ciclo 2 de PIAAC	215
Referencias	220

Figuras

Figura 1.1. Diseño de la evaluación: Ciclo 2 de PIAAC	17
Figura 1.2. Muestra de pregunta de la prueba PIAAC (competencia matemática)	19
Figura 2.1. Tres procesos cognitivos fundamentales que apoyan la competencia lectora	49
Figura 3.1. Uso del término «competencia matemática» frente a otros términos en los libros publicados entre 1950 y 2008, incluidos en Google Books	79
Figura 3.2. El modelo PISA 2012 de competencia matemática en la práctica	93
Figura 3.3. El modelo PISA 2021 de competencia matemática: la relación entre el razonamiento matemático y el ciclo de resolución de problemas (modelización)	93
Figura 3.4. Modelo para la competencia matemática en el siglo XXI	95
Figura 3.5. Componentes del sentido numérico	151
Figura 4.1. El nexo entre las dimensiones de la tarea, los procesos metacognitivos y cognitivos y los niveles de rendimiento	184
Figura 4.2. Resolución adaptativa de problemas	188

TABLAS

Tabla 1.1. Países y regiones que participan en PIAAC	14
Tabla 1.2. Características principales del diseño del estudio de PIAAC	16
Tabla 1.3. Principales características de los marcos de evaluación del Ciclo 2 de PIAAC	20
Tabla 1.4. Dominios evaluados en la IALS, ALL y PIAAC	23
Tabla Anexo 1.A.1. Comprensión lectora (lectura)	34
Tabla Anexo 1.A.2. Gestión de la información numérica y matemática	36
Tabla Anexo 1.A.3. Resolución de problemas	38
Tabla 2.1. Correspondencia entre los procesos del Ciclo 2 de PIAAC, el Ciclo 1 del PIAAC y PISA 2018	49
Tabla 2.2. Resumen de los diferentes tipos de procesos de evaluación	53
Tabla 2.3. Principales dimensiones de los textos considerados en el marco de la comprensión lectora de PIAAC	57
Tabla 2.4. Distribución recomendada de las preguntas en función del tamaño del texto y de las exigencias de la tarea cognitiva	60
Tabla 2.5. Factores de dificultad del texto, de la tarea y del texto por tarea en función de las exigencias cognitivas	62
Tabla 3.1. Cuatro categorías de uso de la competencia matemática y sus relaciones con la tecnología	91
Tabla 3.2. Etiquetas de procesos cognitivos en PIAAC y PISA	112

Tabla 3.3. Etiquetas de contenido matemático en PIAAC y PISA	116
Tabla 3.4. Etiquetas de contexto en PIAAC y PISA	119
Tabla 3.5. Representación de los procesos cognitivos en PIAAC y PISA	136
Tabla 3.6. Representación de las áreas de contenido en PIAAC y PISA	136
Tabla 3.7. Las clasificaciones de representación de PIAAC	137
Tabla 3.8. Representación del contexto en PIAAC y PISA	137
Tabla 4.1. Descripciones de los tres niveles de competencia de APS propuestos	207
Tabla 4.2. Propuesta de distribución de los entornos de información y los contextos problemáticos	209
Tabla 4.3. Propuesta de distribución de los tres procesos cognitivos y metacognitivos principales	210
Tabla 4.4. Evaluaciones de APS y de comprensión lectora del Ciclo 2 de PIAAC	216
Tabla 4.5. APS y competencia digital del Ciclo 2 de PIAAC	217
Tabla 4.6. APS Ciclo 2 PIAAC y PS-TRE Ciclo 1 PIAAC	219
Tabla Anexo 4.A.1. Descripción de los factores de dificultad	223

Siga las publicaciones de la OCDE en:



http://twitter.com/OECD_Pubs



<http://www.facebook.com/OECDPublications>



<http://www.linkedin.com/groups/OECD-Publications-4645871>



<http://www.youtube.com/oecdlibrary>



<http://www.oecd.org/oecdirect/>

Resumen ejecutivo

En esta publicación se presentan los marcos para la evaluación de la competencia lectora, la competencia matemática y la resolución adaptativa de problemas (*Adaptive Problem Solving*, por sus siglas en inglés) en el Ciclo 2 del Programa Internacional para la Evaluación de las Competencias de la Población Adulta (PIAAC Ciclo 2) de la OCDE.

Los marcos de evaluación son documentos clave para entender lo que evalúa PIAAC y para interpretar sus resultados.

El capítulo introductorio ofrece una visión general de la evaluación de PIAAC y su relación con anteriores evaluaciones internacionales de las habilidades de la población adulta. También describe la finalidad de los marcos de evaluación y la evolución de los conceptos de competencia lectora, competencia matemática y resolución de problemas desde que se realizó la primera evaluación internacional de alfabetización de la población adulta a mediados de la década de 1990, así como la relación de PIAAC con la evaluación de la OCDE de estudiantes de 15 años, el programa PISA.

Los marcos individuales se presentan en capítulos separados: competencia lectora (capítulo 2), competencia matemática (capítulo 3) y resolución adaptativa de problemas (capítulo 4). Se definen las habilidades específicas evaluadas, se describen sus características más destacadas, se esboza un enfoque recomendado para la evaluación de las habilidades y se identifican otros asuntos relevantes para el desarrollo de las pruebas. Las similitudes y diferencias con los marcos de las evaluaciones anteriores se describen centrándose en las consideraciones sociales, teóricas y de cálculo que han contribuido al desarrollo de los marcos a lo largo del tiempo.

1 Los marcos de evaluación para el Ciclo 2 de PIAAC: Introducción y visión general

Este capítulo presenta los marcos de evaluación que definen y describen las competencias evaluadas en el Ciclo 2 de PIAAC. Proporciona algunos antecedentes de la evaluación PIAAC, resume las finalidades de los marcos de evaluación y explica cómo la comprensión y la concepción de las habilidades que se evalúan en PIAAC han evolucionado con el tiempo.

Introducción

Este volumen contiene los marcos para la evaluación de la competencia lectora, la competencia matemática y la resolución adaptativa de problemas en el Ciclo 2 del Programa Internacional para la Evaluación de las Competencias de los Adultos (PIAAC Ciclo 2) de la OCDE. Este capítulo introductorio ofrece el contexto y los antecedentes del estudio, así como los marcos que guían la evaluación. En concreto, describe:

- las principales características de la evaluación PIAAC y su relación con anteriores evaluaciones internacionales de la población adulta de competencia lectora, competencia matemática y resolución de problemas.
- los objetivos de los marcos de evaluación
- la forma en la que se han concebido los conceptos evaluados en PIAAC y sus predecesores.

La evaluación de PIAAC

PIAAC es una evaluación internacional de las competencias de procesamiento de información de la población adulta. Evalúa tres grandes destrezas: la lectura y la comprensión de textos escritos (competencia lectora), la comprensión y el uso de información matemática y numérica (competencia matemática) y la resolución de problemas. Junto con la evaluación, se realiza un amplio cuestionario de antecedentes.

Este estudio es el tercero de una serie de evaluaciones internacionales de la población adulta realizadas desde mediados de los años noventa. Se basa en la experiencia de la *International Adult Literacy Survey* (IALS) y la *Adult Literacy and Life Skills Survey* (ALL).¹ La IALS recogió datos en tres rondas entre 1994 y 1998 en 22 países y regiones. La ALL recogió datos en dos rondas durante el periodo de 2002-2008 en 11 países y regiones.

El estudio está diseñado como un estudio transversal repetido que proporciona estimaciones comparables sobre el rendimiento en competencia lectora y matemática a lo largo del tiempo. El primer Ciclo de la evaluación tuvo lugar durante el periodo 2008-2019 con tres rondas de recogida de datos: la primera en 2011-12, la segunda en 2014-15 y la tercera en 2017-18.² Un total de 39 países/regiones participaron en el primer Ciclo del estudio y 33 se preparan actualmente para recoger datos en el segundo Ciclo (véase la Tabla 1.1). Los preparativos para el Ciclo 2 de la evaluación comenzaron en 2018. La recogida de datos estaba prevista originalmente para 2021-22, diez años después de la recogida de datos en la primera ronda del Ciclo 1. Debido a la crisis de la COVID-19 de 2020, que retrasó el ensayo de campo, la recogida de datos se ha reprogramado para 2022-23.

Los datos se recogen en PIAAC mediante una combinación de entrevista personal y una evaluación autocumplimentada. La recogida de datos se realiza en el propio domicilio de la persona encuestada³ bajo la supervisión de entrevistadores formados. El entrevistador lleva a cabo el cuestionario de antecedentes en modo de Entrevista personal asistida por ordenador (CAPI, por sus siglas en inglés). Una vez se ha rellenado el cuestionario de antecedentes, el encuestado lleva a cabo la evaluación bajo la supervisión del entrevistador. En el primer Ciclo del estudio, la evaluación podía realizarse en un ordenador portátil o en formato de papel. El formato de evaluación por ordenador (CBA, por sus siglas en inglés) fue el formato por defecto, mientras que la opción de evaluación en papel (PBA, por sus siglas en inglés) se puso a disposición de los encuestados que estaban poco o nada familiarizados con los ordenadores, que tenían escasos conocimientos de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) o que no deseaban realizar la evaluación por ordenador. En el segundo Ciclo del estudio, la evaluación se llevará a cabo en una tableta electrónica. La interfaz de la evaluación se ha diseñado de forma que se garantice que la

mayoría de los encuestados, si no todos, puedan realizar la evaluación en la tableta, aunque tengan poca experiencia con este tipo de dispositivos. Los países participantes podrán seguir ofreciendo una opción en papel a los encuestados que no puedan o no quieran llevar a cabo la evaluación en la tableta.

Tabla 1.1. Países y regiones que participan en PIAAC

Ciclo 1 de PIAAC			Ciclo 2 de PIAAC
Ronda 1	Ronda 2	Ronda 3	
Estudio principal 2011-12	Estudio principal 2014-15	Estudio principal 2017-18	Estudio principal 2022-23
Australia	Chile	Ecuador	Australia
Austria	Grecia	Hungría	Austria
Canadá	Yakarta (Indonesia) ²	Kazajistán	Canadá
Chipre ¹	Israel	México	Chile
República Checa	Lituania	Perú	Croacia
Dinamarca	Nueva Zelanda	Estados Unidos	República Checa
Inglaterra (Reino Unido)	Singapur		Dinamarca
Estonia	Eslovenia		Inglaterra (Reino Unido)
Finlandia	Turquía		Estonia
Flandes (Bélgica)			Finlandia
Francia			Flandes (Bélgica)
Alemania			Francia
Irlanda			Alemania
Italia			Hungría
Japón			Irlanda
Corea del Sur			Israel
Países Bajos			Italia
Irlanda del Norte (Reino Unido)			Japón
Noruega			Corea del Sur
Polonia			Letonia
Federación Rusa			Lituania
República Eslovaca			Países Bajos
España			Nueva Zelanda
Suecia			Noruega
Estados Unidos ³			Polonia
			Portugal
			Federación Rusa
			Singapur
			España
			Suecia
			Suiza
			Estados Unidos

1. Nota de Turquía:

La información incluida en este documento referente a «Chipre» hace referencia a la parte sur de la isla. No existe una sola autoridad que represente en conjunto a las comunidades turcochipriota y grecochipriota de la Isla. Turquía reconoce la República Turca del Norte de Chipre (RTNC). Hasta que se encuentre una solución duradera y equitativa dentro del marco de las Naciones Unidas, Turquía conservará su posición respecto a la «cuestión de Chipre».

Nota de todos los Estados miembros de la Unión Europea de la OCDE y la Unión Europea:

Todos los miembros de las Naciones Unidas, con la excepción de Turquía, reconocen la República de Chipre. La información incluida en este documento hace referencia al área bajo el control efectivo del Gobierno de la República de Chipre.

2. Los datos de Indonesia se retiraron posteriormente.

3. Los Estados Unidos también recogieron datos como parte de un suplemento nacional de PIAAC en 2013-14. Esto incluía muestras representativas de población adulta desempleada (de 16 a 65 años); adultos jóvenes (de 16 a 34 años); y adultos mayores (de 66 a 74 años).

Véase Krenzke et al. (2019[1]) para más detalles.

Las especificaciones básicas del diseño de PIAAC (comunes en los dos ciclos del estudio) se resumen en la Tabla 1.2. Se pueden encontrar más detalles sobre el Ciclo 1 del estudio en PIAAC (2014[2]).

Tabla 1.2. Características principales del diseño del estudio PIAAC

Población objetivo	Adultos no institucionalizados de entre 16 y 65 años que residen regularmente en el territorio nacional del país participante.
Marco de la muestra	El marco de la muestra debe cubrir la población objetivo. Se permite la exclusión de hasta el 5 % de la población objetivo.
Diseño de la muestra	Muestra basada en la probabilidad en la que cada individuo de la población objetivo tiene una probabilidad de selección conocida.
Tamaño de la muestra	El tamaño mínimo de la muestra es de 5.000 casos completados por idioma empleado en la evaluación.
Método de recogida de datos	Entrevista personal asistida por ordenador y evaluación autocumplimentada bajo la supervisión de personas entrevistadoras
Modo de evaluación	Evaluación por ordenador (Ciclo 1) y tableta (Ciclo 2) con una alternativa en papel para los encuestados que no tienen suficiente experiencia en el uso de dispositivos digitales.
Garantía y control de calidad	Revisión centralizada de los elementos clave del estudio, como el muestreo, la traducción y la adaptación de instrumentos. Seguimiento de la recogida de datos. Adjudicación de datos basada en indicadores de calidad de datos.

Instrumentación

Como se ha señalado anteriormente, los encuestados rellenan un cuestionario de antecedentes y una evaluación de competencias.

El cuestionario de antecedentes del Ciclo 2 de PIAAC consistirá en 11 módulos que recogerán información sobre las características demográficas, los condicionantes sociales y lingüísticos, la educación, la participación en la población activa, el empleo, la composición de las tareas del trabajo de la persona encuestada, los hábitos de lectura y matemáticas y los rasgos de personalidad.⁴

La evaluación directa se compone de:

- una prueba de ubicación (Localizador, según su definición en inglés)
- una evaluación de componentes de lectura y de competencia matemática
- evaluaciones de competencia lectora, competencia matemática y resolución adaptativa de problemas.

La *prueba de ubicación* consta de ocho preguntas de lectura y ocho de matemáticas de baja dificultad. Está diseñada para proporcionar una estimación inicial de la competencia de la persona encuestada. Esta etapa sirve para dirigir a la persona encuestada a la vía de evaluación adecuada a su competencia (véase más adelante).

La *evaluación de los componentes de lectura y de competencia matemática* consta de un conjunto de preguntas que evalúan:

- la capacidad de comprender el significado de oraciones sencillas y de leer y comprender fragmentos cortos con fluidez (lectura)
- comprender las nociones básicas de cantidad y magnitud (competencia matemática).

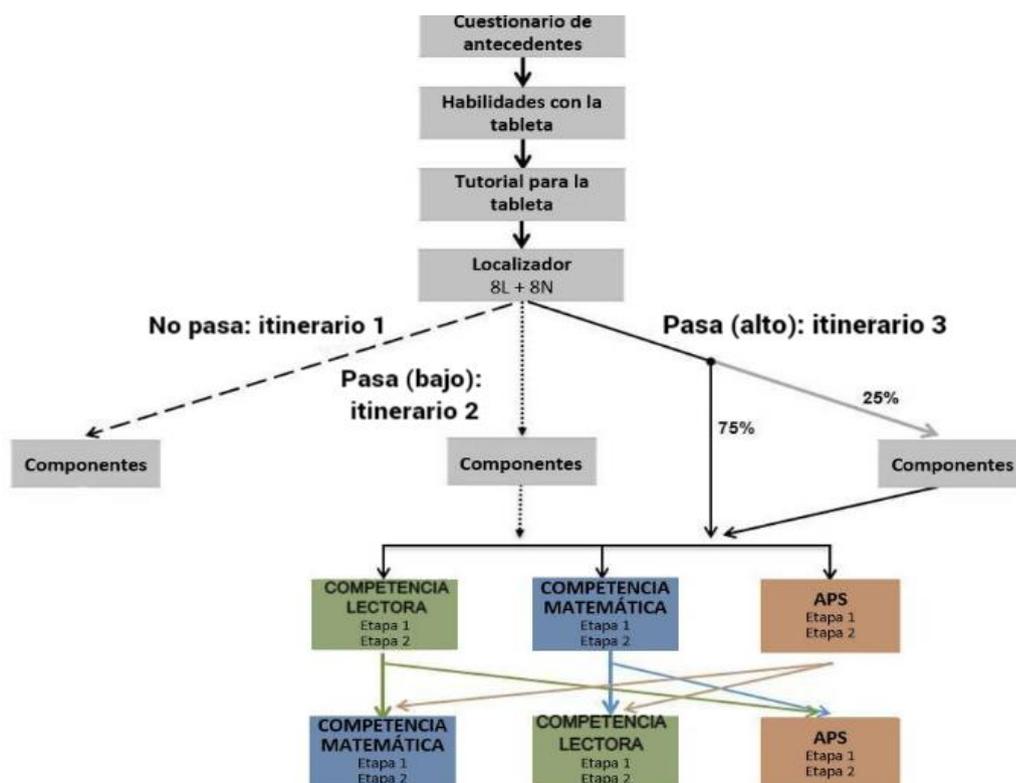
Cada una de las *evaluaciones de competencia lectora, competencia matemática y resolución adaptativa de problemas* constan aproximadamente de 80 preguntas. A todos los encuestados se les plantean preguntas que cubren solo dos de los tres dominios; en cada uno de estos dominios se les presenta un subconjunto de preguntas. En los tres dominios, las evaluaciones utilizan un diseño adaptativo. El objetivo

es maximizar la eficacia y la precisión de la evaluación presentando a los encuestados preguntas que no sean ni demasiado fáciles ni demasiado difíciles para ellos.

En cada dominio, la evaluación consta de un conjunto de unidades cada una de las cuales está formada por uno o varios estímulos (por ejemplo, una descripción de una situación problemática, un texto, una tabla; véase la Figura 1.2) y un conjunto de preguntas o tareas. Estas unidades se combinan en «grupos de preguntas» con diferentes niveles de dificultad media. Los grupos de preguntas se presentan a los encuestados en dos fases. La información del cuestionario de antecedentes, las medidas de los componentes y la prueba de ubicación se utilizan para asignar un cuestionario digital que sea el más apropiado para el encuestado en la fase 1. El resultado del encuestado en el cuestionario digital de la fase 1 se puntúa automáticamente. A continuación, la aplicación de la prueba asigna un segundo cuestionario digital al encuestado en función de su resultado en el primero. Aunque todos los encuestados tienen una pequeña probabilidad de que se les asigne cualquier cuestionario digital, tienen una mayor probabilidad de que se les asigne uno más cercano a su competencia aproximada. Por ejemplo, en cada fase de la evaluación, un encuestado con una competencia aproximada alta tiene más posibilidades de que se le asigne un cuestionario digital de dificultad media-alta que un encuestado con una competencia aproximada inferior.

El diseño del estudio principal del Ciclo 2 de PIAAC se presenta en la Figura 1.1. El cuestionario de antecedentes lo administra un agente entrevistador en formato entrevista CAPI y se calcula que se tarda entre 20 y 45 minutos en llevarlo a cabo, dependiendo de la situación de la persona encuestada (con una media de unos 30 minutos). Después, la persona realiza la evaluación directa en una tableta electrónica suministrada por el agente entrevistador. Se calcula que la media de tiempo de realización de la evaluación es 60 minutos. Sin embargo, como en PIAAC los tiempos de realización no están limitados, se prevé una amplia variabilidad en el tiempo empleado para finalizar la prueba.

Figura 1.1. Diseño de la evaluación: Ciclo 2 de PIAAC

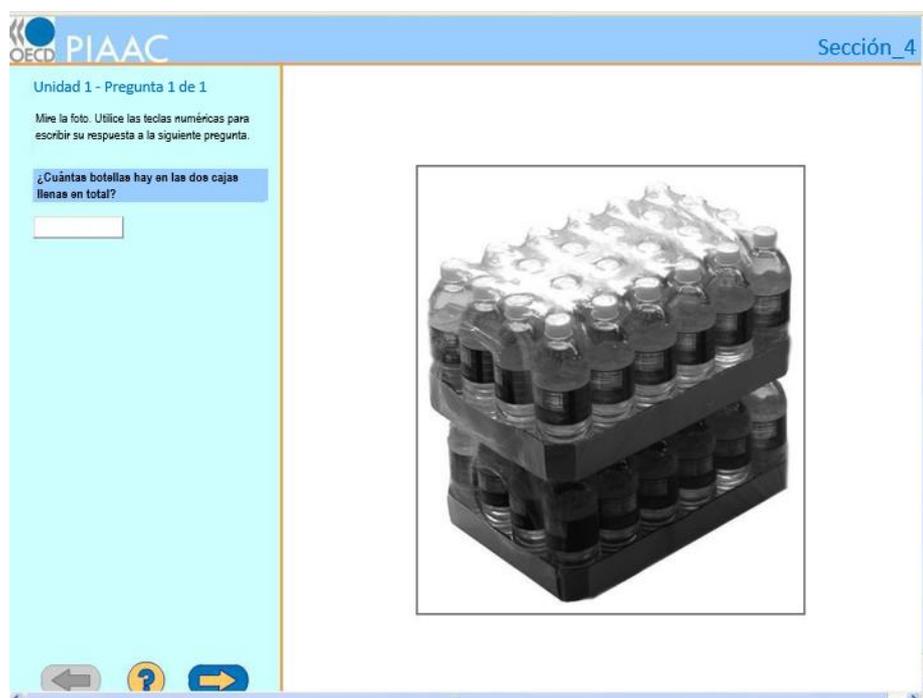


Los encuestados llevan a cabo la evaluación en el orden siguiente:

- El entrevistador administra el cuestionario de antecedentes. Todos los encuestados responden al cuestionario de antecedentes, que incluye una serie de preguntas sobre la familiaridad del encuestado con los dispositivos electrónicos.
- Tras aceptar continuar con la encuesta, la persona encuestada recibe la tableta electrónica en la que lleva a cabo la evaluación. El entrevistador muestra las competencias básicas requeridas para llevar a cabo las tareas de evaluación directa; por ejemplo, pulsar, usar la función de arrastrar y soltar, y resaltar.
- A continuación, los encuestados siguen un tutorial en el que desempeñan cada una de las competencias de forma independiente.
- A continuación, se lleva a cabo la prueba de ubicación (Localizador).
- En función de sus respuestas pertinentes a las preguntas sobre antecedentes y de su resultado en las preguntas de ubicación, los encuestados son dirigidos a una de las tres rutas:
 - Los encuestados que «no superan» la prueba de ubicación siguen la ruta 1 y reciben únicamente los componentes de comprensión lectora y de competencia matemática.
 - Los encuestados que «superan» la prueba de ubicación, pero tienen un rendimiento relativamente bajo, siguen la ruta 2 y reciben los componentes anteriores y los módulos adaptativos de competencia lectora, competencia matemática o resolución adaptativa de problemas (APS) en dos fases.
 - Los encuestados que obtienen buenos resultados en la prueba de ubicación siguen la ruta 3. Una cuarta parte de estos encuestados es asignada de forma aleatoria a las evaluaciones de los componentes de lectura y de matemáticas antes de pasar a los módulos adaptativos de dos fases de competencia lectora, competencia matemática o resolución adaptativa de problemas (APS). El otro 75 % de los encuestados pasa directamente a los módulos cognitivos de dos fases.

Las tareas de evaluación de PIAAC consisten en 1) un conjunto de instrucciones y una pregunta o enunciado de tarea que define lo que el encuestado debe hacer para llevar a cabo la tarea, 2) material de estímulo (por ejemplo, textos, representaciones gráficas, sitios web simulados) con el que el encuestado debe interactuar para llevar a cabo la tarea y 3) un medio para registrar una respuesta. Todas las preguntas de la evaluación tienen el mismo formato. Las instrucciones para el encuestado y la pregunta/enunciado de la tarea, junto con las flechas de avance y retroceso y el acceso a la ayuda se encuentran en la parte izquierda de la pantalla, mientras que los materiales de estímulo se encuentran a la derecha. Las respuestas se registran en el lado izquierdo como en la pregunta de muestra que aparece a continuación o mediante la interacción con el material de estímulo. La Figura 1.2 muestra un ejemplo de una pregunta de la prueba PIAAC por ordenador.

Figura 1.2. Muestra de pregunta de la prueba PIAAC (competencia matemática)



Los modos de respuesta utilizados en el Ciclo 1 de PIAAC fueron la introducción de números, casillas de selección múltiple, botones de opción y menús desplegados (en el lado izquierdo de la pantalla). También el resaltado o el clic en elementos del material de estímulo: textos, elementos gráficos, enlaces (en entornos simulados) y casillas de selección (en el lado derecho) —véase OCDE (2019^[3]), sección 5.2.1)— En el Ciclo 2 de PIAAC, se utilizarán modos de respuesta similares y la interacción con la interfaz de la aplicación de prueba se llevará a cabo mediante el uso de un lápiz óptico o pulsando con los dedos. Se utilizará un emulador de calculadora para introducir datos numéricos. En PIAAC no se utilizan respuestas elaboradas.

Marcos de evaluación

En las evaluaciones internacionales a gran escala, los conceptos que se evalúan suelen estar descritos en un marco de evaluación.⁵ El marco tiene un doble objetivo. En primer lugar, orientar el desarrollo de las preguntas (tareas) utilizadas para evaluar la competencia en cuestión. En segundo lugar, orientar la interpretación de los resultados de la evaluación. Para ello, el marco proporciona una definición y una descripción detallada de las características del concepto evaluado. Además, describe el método recomendado para la evaluación de la competencia en cuestión e identifica (por ejemplo, el rendimiento recomendado de los distintos aspectos o dimensiones del concepto) y discute otros asuntos relevantes para el desarrollo de las pruebas, como los factores que afectan a la dificultad de las preguntas.

Tabla 1.3. Principales características de los marcos de evaluación del Ciclo 2 de PIAAC

	Competencia lectora	Competencia matemática	Resolución adaptativa de problemas
Definición	La competencia lectora consiste en acceder, comprender, evaluar y reflexionar en torno a textos escritos con el fin de alcanzar unos objetivos propios, desarrollar el conocimiento y el potencial de la persona y su participación en la sociedad.	La competencia matemática consiste en acceder, utilizar y razonar críticamente sobre contenido, información e ideas matemáticas representadas de múltiples maneras con el fin de participar y gestionar las exigencias matemáticas de una variedad de situaciones de la vida adulta.	La resolución adaptativa de problemas implica la capacidad de alcanzar los objetivos propios en una situación dinámica, en la que no se dispone de un método de solución inmediato. Requiere la activación de procesos cognitivos y metacognitivos para definir el problema, buscar información y aplicar una solución en una variedad de entornos de información y contextos.
Procesos cognitivos	<ul style="list-style-type: none"> ● Acceso al texto ● Comprensión ● Evaluación 	<ul style="list-style-type: none"> ● Acceder a situaciones y evaluarlas matemáticamente ● Reaccionar ante las matemáticas y utilizarlas ● Evaluar, reflexionar de forma crítica, valorar 	<ul style="list-style-type: none"> ● Definición ● Búsqueda ● Aplicación
Contenido	Textos caracterizados por su: <ul style="list-style-type: none"> ● Tipología (descripción, narración, exposición, argumentación, instrucción, transacción) ● Formato (continuo, discontinuo, mixto) ● Organización (la cantidad de información y la densidad de la representación de los contenidos y los dispositivos de acceso) ● Fuente (textos únicos o múltiples) 	Información e ideas de contenido matemático <ul style="list-style-type: none"> ● Cantidad y número ● Espacio y forma ● Cambio y relaciones ● Datos y representaciones matemáticas aleatorias ● Texto o símbolos ● Imágenes de objetos físicos ● Información estructurada ● Aplicaciones dinámicas 	Dimensiones de la tarea <ul style="list-style-type: none"> ● Configuración del problema ● Dinámica de la situación ● Características del entorno ● Entorno de información
Contextos	<ul style="list-style-type: none"> ● Trabajo y ocupación ● Personal ● Social y cívico 	<ul style="list-style-type: none"> ● Personal ● Trabajo ● Social/comunitario 	<ul style="list-style-type: none"> ● Personal ● Trabajo ● Social/comunitario

En PIAAC, las competencias evaluadas se describen desde el punto de vista de una definición amplia, y de las dimensiones de:

- **Procesos cognitivos:** los procesos mentales que forman parte de la competencia en cuestión.
- **Contenido:** los artefactos, los conocimientos, las representaciones, las situaciones que constituyen el(los) «objeto(s)» al que se aplican estos procesos cognitivos.
- **Contextos:** los escenarios en los que se utiliza la competencia.

Los principales componentes de los marcos de evaluación del Ciclo 2 de PIAAC se resumen en la Tabla 1.3.

A continuación, se discuten brevemente algunas de las principales influencias sobre la evaluación de estas competencias que se derivan de los marcos.

Cobertura de los conceptos

Para que la evaluación represente adecuadamente el constructo, el conjunto de tareas que la constituyen

debe incluir tareas diseñadas para cubrir la variedad de procesos cognitivos, el tipo de contenido y los contextos identificados por el marco. Para ello, cada uno de los documentos del marco propone una distribución conveniente de las tareas en las diferentes dimensiones del marco.

Factores que afectan a la dificultad de las tareas de evaluación

La evaluación PIAAC pretende calcular toda la variedad de competencias de interés que existe en la población adulta, desde las más bajas hasta las más altas. La población adulta de los países participantes incluye a personas que no han finalizado más que la educación primaria, así como a adultos que han terminado sus estudios superiores. Además, en los países con niveles relativamente altos de inmigración, una proporción importante de la población puede tener un dominio inferior de la lengua o lenguas en las que se lleva a cabo la evaluación.⁶

Los marcos identifican los factores que afectan a la dificultad de las tareas y pueden manipularse para garantizar que en las evaluaciones se incluyan tareas que cubran todo el espectro, desde las muy fáciles hasta las muy difíciles. En términos generales, se pueden clasificar como características que engloban:

- el enunciado de la tarea (por ejemplo, las instrucciones proporcionadas a las personas evaluadas, el carácter más o menos explícito de la presentación y definición de la tarea que debe realizarse);
- el material de estímulo (por ejemplo, su complejidad, longitud, organización);
- la interacción de la tarea y el estímulo (por ejemplo, la presencia de material distractor o irrelevante, el número de operaciones/pasos necesarios para llevar a cabo la tarea con éxito).

Autenticidad de las tareas

Las competencias que se evalúan en PIAAC se conciben principalmente como aquellas que permiten a la población adulta participar y funcionar eficazmente en la vida social y económica y desempeñar una variedad de tareas necesarias en sus diferentes papeles sociales. En consonancia con este enfoque, las tareas de evaluación pretenden representar los tipos de exigencias y situaciones de lectura, matemáticas y resolución de problemas a los que la mayoría de la población adulta se enfrenta en su vida cotidiana. En palabras del documento marco de competencia matemática: «PIAAC se interesa por la capacidad de los individuos para enfrentarse a tareas integradas en el mundo real, en lugar de evaluar tareas matemáticas descontextualizadas». Los materiales de estímulo (por ejemplo, los textos que deben leer los encuestados; las presentaciones y representaciones de información numérica y matemática; y las situaciones problemáticas a las que deben responder) representan los tipos de textos, información matemática y problemas que los adultos encuentran en situaciones del «mundo real». En cuanto al material de estímulo utilizado en las tareas de comprensión lectora, por ejemplo:

Muchos de ellos se han extraído directamente de materiales auténticos sin apenas adaptación. Esto significa que no se ha hecho ningún esfuerzo para facilitar la lectura de estos textos ni para mejorar su organización o presentación. El uso de textos originales y sin editar, a veces incluso claramente mejorables (por ejemplo, mal organizados o con un lenguaje complejo), garantiza un alto nivel de validez aparente. Sin embargo, no se añade ninguna dificultad o defecto artificial en el momento de diseñar la prueba. (ver marco de competencia lectora)

Contenido apropiado para toda la población adulta

Dado que PIAAC es una evaluación de toda la población adulta de entre 16 y 65 años, las tareas de evaluación no presuponen un conocimiento ocupacional muy técnico o específico. Además, no se dan por sentados conocimientos o competencias relevantes en entornos educativos oficiales, como el uso adecuado de la notación matemática y la simbolización. Esto refleja el hecho de que hay países en los que una proporción significativa de población adulta (especialmente los de mayor edad) tienen un nivel

educativo muy bajo; y, lo que es más importante, la realidad de que la mayoría de los adultos abandonaron el sistema educativo oficial hace mucho tiempo. Por ejemplo, en el caso de la población adulta de 55-65 años, la mayoría habrá terminado su educación unos 40-50 años antes.

Evaluación de niveles inferiores de competencia: Componentes de lectura y matemáticas

Uno de los retos de la evaluación de las competencias de procesamiento de la información de la población adulta es obtener información sobre las competencias de la población adulta con un nivel bajo de competencias básicas. Las competencias bajas se manifiestan porque la persona que realiza la prueba se ve incapaz de llevar a cabo con éxito la mayoría de las tareas de la evaluación. En otras palabras, para este grupo, se sabe mucho sobre lo que *no pueden hacer* y poco sobre lo que *pueden hacer*.

Para obtener más información sobre las competencias de los lectores con un nivel bajo, se introdujo una evaluación de las competencias del componente de la lectura en el Ciclo 1 de PIAAC (Sabatini y Bruce, 2009^[4]). Incluye tres competencias: vocabulario impreso, comprensión de oraciones y fluidez en textos. El vocabulario impreso evaluaba los conocimientos básicos de vocabulario; la comprensión de oraciones evaluaba la capacidad de comprender la lógica semántica de oraciones sencillas; y la fluidez en textos evaluaba la capacidad de comprender fragmentos de texto. Los componentes de la lectura seguirán evaluándose en el Ciclo 2 de PIAAC con algunas modificaciones. Solo se evaluarán dos competencias (comprensión de oraciones y fluidez en textos).

Se ha desarrollado una evaluación de los componentes de la competencia matemática y se aplicará como parte del Ciclo 2 de PIAAC. Incluye dos tipos de tareas diseñadas para calcular el sentido matemático: Primero, identificar cuántos objetos aparecen en las fotografías de objetos de la vida real; y, segundo, seleccionar el número más grande de un conjunto de cuatro opciones.

No se ha desarrollado el cálculo de componentes en el dominio de resolución adaptativa de problemas (APS). La experiencia de anteriores evaluaciones de resolución de problemas ha sido que un nivel razonable de competencia en comprensión lectora y competencia matemática es un requisito previo para responder con éxito las preguntas de resolución de problemas. Se prevé que esto también será preciso para la evaluación de la APS. Como se puede observar en la presentación de los generadores de dificultad de las tareas en la APS (Marco de la APS, Tabla 4.A1.1), incluso los problemas sencillos tienen un nivel de complejidad y dificultad muy superior al del tipo de tareas que forman los cálculos de los componentes de comprensión lectora y competencia matemática.

La evolución de los marcos de evaluación en las evaluaciones internacionales de la población adulta

Como se ha señalado anteriormente, el Ciclo 2 de PIAAC es el último de una serie de evaluaciones internacionales relacionadas con la población adulta. La Tabla 1.4 presenta los dominios evaluados en cada estudio sucesivo desde la Encuesta Internacional sobre la Alfabetización de Adultos (IALS) hasta el Ciclo 2 de PIAAC. Los dominios en los que los resultados están vinculados de forma psicométrica y pueden compararse a lo largo del tiempo se indican con un sombreado.

Los marcos de evaluación en cada uno de los amplios dominios, evaluados en las evaluaciones de las competencias de las personas adultas, han evolucionado considerablemente desde que se llevó a cabo la IALS a mediados y finales de los años noventa. Esto es más evidente en el dominio de la resolución de problemas, donde se calcularon conceptos diferentes (aunque relacionados) en los Ciclos 1 y 2 de ALL y PIAAC, y en el de la gestión de la información numérica y matemática, donde se introdujo el concepto de competencia matemática en ALL en lugar del de alfabetización cuantitativa. Sin embargo, incluso dentro de los dominios de la lectura y la competencia matemática, ha habido un cambio considerable en la conceptualización de los conceptos entre las evaluaciones. Estos cambios se describen brevemente a continuación y se resumen en las Tablas 1.A.1-1. A.3 del anexo 1.A

Tabla 1.4. Dominios evaluados en la IALS, ALL y PIAAC

	Dominios evaluados						
	Lectura		Gestión de la información numérica y matemática		Resolución de problemas		
IALS	Comprensión lectora de prosa	Comprensión lectora de documentos	Alfabetización cuantitativa				
ALL	Comprensión lectora de prosa	Comprensión lectora de documentos		Competencia matemática	Resolución analítica de problemas		
Ciclo 1 de PIAAC	Comprensión lectora + Componentes de la comprensión lectora			Competencia matemática		Resolución de problemas en entornos tecnológicos	
Ciclo 2 de PIAAC	Comprensión lectora + Componentes de la comprensión lectora			Competencia matemática + Componentes de la competencia matemática			Resolución adaptativa de problemas

Comprender la evolución de los marcos de evaluación y, por tanto, de los conceptos calculados es importante para la interpretación de las distribuciones de competencias observadas tanto dentro de las evaluaciones como entre ellas. El vínculo entre las evaluaciones más recientes y las más antiguas se atenúa con el tiempo a medida que los conceptos van evolucionando. Si bien las diferentes evaluaciones internacionales de la población han sido diseñadas para estar vinculadas psicométricamente en los ámbitos de comprensión lectora (IALS y sus sucesores) y la competencia matemática (ALL y sus sucesores), los conceptos calculados se han sometido a revisiones y ampliaciones considerables, aunque se mantenga un núcleo común. La comprensión lectora, tal y como se calculará en el Ciclo 2 de PIAAC en 2022-23, no es exactamente igual a la comprensión lectora calculada en el Ciclo 1 de PIAAC, ALL y IALS, y lo mismo ocurre con la competencia matemática. En concreto, aunque la IALS y ALL reconocieron la creciente importancia de los textos electrónicos, esas dos primeras evaluaciones se llevaban a cabo únicamente en papel. A partir del Ciclo 1 de PIAAC, la evaluación pasó a llevarse a cabo por ordenador, lo que permitió incluir varios tipos de textos y materiales electrónicos.

La evolución de los marcos de evaluación en las evaluaciones a gran escala (incluidas las evaluaciones de la población adulta) es el resultado de exigencias contrapuestas. Por un lado, el deseo de continuidad en los cálculos (para proporcionar cálculos fiables de los cambios a lo largo del tiempo) y, por otro, la necesidad de que los cálculos sean relevantes para las realidades contemporáneas y la comprensión de los fenómenos calculados. Hay tres factores principales que impulsan el cambio: la evolución de la comprensión de las competencias que se calculan; los avances tecnológicos y sociales que afectan a la naturaleza y la práctica de estas competencias en la vida cotidiana, el trabajo y los estudios; y los avances tecnológicos y metodológicos en la ciencia y la práctica del cálculo.⁷

La evaluación de la resolución de problemas supone un ejemplo específico del impacto de las influencias que dan lugar al cambio en la evaluación a gran escala. De los dominios evaluados en PIAAC y sus predecesores, en este campo ha sido en el que mayor impacto ha tenido la introducción de las pruebas por ordenador, ya que se han abierto posibilidades de evaluación que no existían en un mundo de pruebas en papel. Además, la demanda de indicadores de resolución de problemas que pongan de manifiesto la

comprensión actual del fenómeno se ha hecho evidente con los cambios en los puntos de vista desde los que se ha abordado la evaluación de la resolución de problemas a lo largo del tiempo.

Como en cualquier ámbito del campo científico, la comprensión de las competencias evaluadas en las evaluaciones a gran escala cambia con el tiempo. Esto es consecuencia de los desarrollos teóricos, así como de la reflexión sobre los resultados de la investigación empírica, incluidos los resultados de las propias evaluaciones a gran escala.

En Greiff et al. se puede encontrar un análisis exhaustivo de las consideraciones teóricas y conceptuales que condujeron al desarrollo de la evaluación de la APS y a la revisión sustancial del marco de evaluación de la competencia matemática en el Ciclo 2 de PIAAC. (2017^[5]) para APS y Tout et al. (2017^[6]) y Tout (2020^[7]) para la competencia matemática, así como en los documentos del marco incluidos en esta publicación.

La naturaleza de competencias como la comprensión lectora, la competencia matemática y la resolución de problemas ha cambiado en muchos aspectos desde principios de la década de 1990. Las tecnologías de la información y la comunicación han alterado lo que es leer, trabajar con información numérica y matemática y resolver problemas al cambiar las formas de acceder a la información, comunicarla, analizarla y transformarla. Por ejemplo, los textos y las representaciones en papel constituían gran parte de la fuente de la información a la que accedía la población adulta a mediados de la década de 1990. Al comienzo de la tercera década del ^{siglo} XXI, los textos y las representaciones electrónicas a las que se accede a través de dispositivos digitales (por ejemplo, ordenadores, tabletas electrónicas y teléfonos inteligentes) y aplicaciones (como navegadores web, hipertextos, archivos PDF y HTML) se han convertido en fuentes principales de información. Esto ha supuesto la aparición de nuevos tipos de textos y representaciones; nuevas formas de navegación dentro de los textos y representaciones entre ellos (desplazamiento, pulsación de iconos o botones de radio, hipervínculos); y nuevas herramientas para el procesamiento y la comunicación de la información y el aumento de los vínculos entre textos, documentos y representaciones (hipertexto, cadenas de textos relacionados). Además, la prestación de servicios en internet ha aumentado las exigencias de procesamiento de información de la población adulta al reducirse (o eliminarse) el papel de los intermediarios en el acceso a la información y la asistencia en la toma de decisiones en muchos dominios (por ejemplo, salud, finanzas y viajes).

Las TIC también han transformado la evaluación. La introducción de la evaluación por ordenador (CBA) ha tenido una gran repercusión en el diseño, la realización y el procesamiento de las evaluaciones, así como en la calidad, la cantidad y la complejidad de los datos resultantes. Ha hecho posible la evaluación de la competencia en los aspectos digitales de las competencias de procesamiento de la información (por ejemplo, la lectura de textos electrónicos, la interacción con herramientas digitales que presentan y transforman la información matemática, el uso de aplicaciones de las TIC para acceder y transformar la información para resolver problemas). También ha permitido desarrollar tareas de evaluación más complejas. Por ejemplo, las plataformas digitales de evaluación permiten diseñar tareas de carácter iterativo y en las que no se da toda la información como parte de las condiciones iniciales, así como tareas que implican la presentación de información compleja, la modelización y la exploración de la variación de una serie de parámetros. Esto es especialmente importante en la evaluación de la resolución de problemas. La introducción de la CBA también ha permitido poner en práctica diseños de pruebas más complejos y eficientes (por ejemplo, pruebas adaptativas), así como características como la puntuación automática. También ha permitido desarrollar procedimientos de control y garantía de calidad más eficaces y oportunos y ha aumentado considerablemente las posibilidades de identificar la manipulación de datos y el fraude. La disponibilidad de archivos de registro en los que se capturan y almacenan las interacciones entre los examinados y la aplicación de pruebas ha proporcionado una nueva y rica fuente de datos para los analistas y desarrolladores de pruebas interesados en comprender el comportamiento de los examinados.⁸

La introducción del CBA como modo de evaluación por defecto en el Ciclo 1 de PIAAC constituyó uno de

los principales factores que influyeron en la evolución de los marcos de evaluación de las competencias de las personas adultas entre la IALS y PIAAC. Esto hizo posible que PIAAC reflejara los cambios en las prácticas de lectura, de gestión de la información matemática y numérica y resolución de problemas. Estos cambios fueron provocados por la difusión de las herramientas y los medios digitales en la forma de evaluar estas competencias. También hizo posible que PIAAC utilizara diseños de pruebas mucho más eficientes para la población adulta.

Avances en comprensión lectora

Cuadro 1.1. Marcos de evaluación de la alfabetización de la población adulta anteriores

Las presentaciones de los marcos de evaluación en el Ciclo 1 de la IALS, ALL y PIAAC pueden encontrarse en los siguientes documentos:

IALS

Murray, S., I. Kirsch y L. Jenkins (eds) (1998^[8]), *Adult Literacy in OECD Countries: Technical Report on the First International Adult Literacy Survey*, National Center for Education Statistics, Office of Educational Research and Improvement, Washington, DC.

OECD/Statistics Canada (2000^[9]), *Literacy in the Information Age: Final Report of the International Adult Literacy Survey*, OECD Publishing, París, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264181762-en>.

ALL

Murray, S., Y. Clermont y M. Binkley (eds) (2005^[10]), *Measuring Adult Literacy and Life Skills: New Frameworks for Assessment*, Statistics Canada, Ottawa, Catalogue No. 89-552-MIE, No. 13.

PIAAC Cycle 1

OECD (2012^[11]), *Literacy, Numeracy and Problem Solving in Technology-Rich Environments: Framework for the OECD Survey of Adult Skills*, OECD Publishing, París, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264128859-en>.

PIAAC Expert Group in Problem Solving in Technology-Rich Environments (2009^[12]), "PIAAC Problem Solving in Technology-Rich Environments: A Conceptual Framework", *OECD Education Working Papers*, No. 36, OECD Publishing, París, <http://dx.doi.org/10.1787/220262483674>.

PIAAC Literacy Expert Group (2009^[13]), "PIAAC Literacy: A Conceptual Framework", *OECD Education Working Papers*, No. 34, OECD Publishing, París, <http://dx.doi.org/10.1787/220348414075>.

PIAAC Numeracy Expert Group (2009^[14]), "PIAAC Numeracy: A Conceptual Framework", *OECD Education Working Papers*, No. 35, OECD Publishing, París, <http://dx.doi.org/10.1787/220337421165>.

Sabatini y Bruce (2009^[4]), "PIAAC Reading Component: A Conceptual Framework", *OECD Education Working Papers*, No. 33, OECD Publishing, París, <http://dx.doi.org/10.1787/220367414132>.

La evolución de los conceptos de comprensión lectora desde la IALS hasta el Ciclo 2 de PIAAC se ha producido en cuatro áreas principales: 1) una reducción del número de dominios separados de comprensión lectora evaluados, 2) la ampliación de la variedad de tipos de texto incluidos en la evaluación, 3) un énfasis cada vez mayor en la evaluación y la valoración de la metacognición como estrategias cognitivas necesarias para una lectura eficaz y 4) la desvinculación de la descripción y especificación de las estrategias cognitivas de las cuestiones relativas a la dificultad de la tarea.⁹

En la IALS, se evaluaron tres dominios distintos de comprensión lectora, representados por escalas separadas: comprensión lectora en prosa, en documentos y cuantitativa (Murray, Kirsch y Jenkins, 1998^[8]). La comprensión lectora de prosa abarca la lectura de textos continuos o de textos organizados en párrafos. La comprensión lectora documental abarca la lectura de información escrita presentada en formatos matriciales (por ejemplo, tablas y listas). La comprensión lectora cuantitativa representaba los conocimientos y competencias necesarios para aplicar las operaciones aritméticas a los números incluidos en los materiales impresos. ALL siguió evaluando la comprensión lectora en prosa y en documentos como dominios separados (Murray, Clermont y Binkley, 2005^[10]). Sin embargo, la evaluación de la comprensión lectora cuantitativa se descartó en ALL y se sustituyó por la evaluación de competencia matemática (véase más adelante). El concepto de «comprensión lectora» como dominio único se introdujo en el Ciclo 1 de PIAAC.

La «comprensión lectora», tal y como se definió en el Ciclo 1 de PIAAC, representaba un concepto global que ya no diferenciaba entre la lectura de textos en prosa y de documentos. La otra novedad importante (y probablemente la más significativa) ha sido la ampliación de la variedad de textos cubiertos por la evaluación para incluir los textos digitales o electrónicos.¹⁰ En el Ciclo 2 de PIAAC, se ha revisado la clasificación de los textos para incluir los aspectos de organización (densidad de contenidos, representaciones y dispositivos de acceso) y fuente (autor/editor único o múltiple) para representar mejor el universo de textos accesibles en entornos digitales, incluidos los textos interactivos típicos de la Web 2.0.

La conceptualización de las estrategias cognitivas que ponen en juego los lectores competentes también ha evolucionado entre las evaluaciones. En la IALS/ALL, las estrategias cognitivas se concibieron en términos de «emparejamiento» de la información en la pregunta (la información dada) con la información en el texto de estímulo para responder correctamente a una pregunta o directiva. Estas estrategias de «emparejamiento» incluían la identificación de piezas de información en el texto (localización/ciclaje), la conexión de diferentes partes del texto (integración) y el desarrollo de cierta comprensión del texto en su conjunto (generación). En el Ciclo 1 de PIAAC, se añadió la «evaluación y reflexión» (la emisión de juicios sobre aspectos del texto como la veracidad, la relevancia y la calidad) como una estrategia cognitiva necesaria para los lectores competentes. El aspecto de la evaluación se ha enfatizado aún más en el Ciclo 2, donde se concibe en términos de la evaluación de la precisión, la solidez y la relevancia de la tarea de un texto en relación con su fuente y su contenido.

También se ha producido una separación gradual entre la identificación y descripción de los procesos cognitivos que intervienen en la comprensión lectora y la descripción de los factores que hacen que las tareas de evaluación sean más o menos difíciles. En la IALS/ALL, las estrategias de emparejamiento se trataron como uno de los tres factores principales que determinan la dificultad de la tarea. El segundo es el tipo de información solicitada por la pregunta y el tercero, la plausibilidad de los distractores (la presencia de otra información en el texto de estímulo que podría distraer la atención del examinador respecto de la información necesaria para responder a la pregunta) (Murray, Clermont y Binkley, 2005, pp. 101-103^[10]). El marco del Ciclo 2 trata las estrategias cognitivas y los factores que afectan a la dificultad de la tarea de forma independiente. La dificultad de la tarea se concibe como algo que depende de las características del texto o los textos de estímulo, de la formulación de la pregunta/descripción de la tarea y de la interacción del texto y la pregunta/descripción de la tarea (véase el marco de comprensión lectora, Tabla 2.5).

La evaluación de los componentes de la lectura fue otro elemento nuevo de la evaluación de la comprensión lectora introducido en el Ciclo 1 de PIAAC (Sabatini y Bruce, 2009^[4]) para proporcionar información más detallada sobre la población adulta con competencias escasas de lectura y escritura. Los componentes de la lectura se definieron como el conjunto básico de competencias de decodificación esenciales para extraer el significado de los textos escritos: el conocimiento del vocabulario (reconocimiento de palabras), la capacidad de procesar el significado a nivel de la oración y la fluidez en la lectura de textos de lectura. En el Ciclo 2 de PIAAC, se continuará con la evaluación de los componentes de la lectura, pero solo se cubrirán los aspectos de significado de la oración y fluidez del texto. El rendimiento en las tareas de los componentes de la lectura también se integrará como parte de la escala de competencia de la comprensión lectora en el Ciclo 2,¹¹ lo cual añade precisión a su extremo inferior.

Avances en competencia matemática

El cálculo de la «competencia matemática» se introdujo en ALL. Esto sustituyó a la evaluación de la «comprensión lectora cuantitativa» llevada a cabo en la IALS. El desarrollo de una evaluación de la competencia matemática se basó en que las evaluaciones de la comprensión lectora cuantitativa y documental representaban «solo un subconjunto de tareas y respuestas de la diversidad mucho más amplia que se encuentra en muchas tareas cotidianas y laborales» (Murray, Clermont y Binkley, 2005, p. 148^[10]) relacionadas con la integración de la información matemática. En concreto, no se cubrieron

aspectos clave de información matemática, como las medidas y las formas, así como la información en formatos que sí requerían la comprensión del texto. El concepto de «competencia matemática» se desarrolló para abarcar de forma más amplia los conocimientos y las competencias matemáticas relevantes en el trabajo y la vida cotidiana de los adultos.

Los conceptos clave [de la competencia matemática] se relacionan de manera amplia con la gestión de situaciones y con una serie de respuestas eficaces (no solo con la aplicación de competencias aritméticas). Se refiere a una amplia variedad de competencias y conocimientos (no solo a las operaciones de cálculo) y a una amplia variedad de situaciones que presentan a los actores información matemática de diferentes tipos (no solo las que implican números integrados en materiales impresos). (Murray, Clermont y Binkley, 2005, p. 151_[10])

En contraste con el dominio de la comprensión lectora, en el Ciclo 1 de PIAAC solo se hicieron cambios mínimos en la especificación del dominio de la competencia matemática en comparación con el de ALL. Estos cambios afectaron a la presentación más que al contenido. Uno de los principales impulsores de la revisión del marco de evaluación de la competencia matemática elemental para el Ciclo 2 de PIAAC fue la opinión de que la evaluación de la competencia matemática elemental en el siglo XXI debía ampliarse para abarcar el compromiso con la información matemática en entornos digitales, así como para aumentar el uso de las posibilidades que ofrece la CBA.¹² El marco revisado refleja la importancia de la información, las representaciones, los dispositivos y las aplicaciones digitales como realidades a las que la población adulta tiene que enfrentarse para responder a las exigencias numéricas de la vida cotidiana. Para ello, se han actualizado considerablemente los aspectos de contenidos del marco de competencia matemática para incluir representaciones de información matemática en forma de «información estructurada» (infografías, etc.) y también «aplicaciones dinámicas» (por ejemplo, sitios web y aplicaciones interactivas en línea junto con aplicaciones y herramientas informáticas más estándar). Los aspectos de los procesos cognitivos también se han revisado para hacer hincapié en la capacidad de reconocer e identificar cómo y cuándo utilizar las matemáticas; ser capaz de comprender, utilizar y aplicar conceptos y procedimientos matemáticos; y la capacidad de utilizar competencias estratégicas, de razonamiento y de reflexión al utilizar y aplicar las matemáticas.

En el Ciclo 2 de PIAAC, la evaluación de la competencia matemática irá acompañada de una evaluación de los «componentes de la competencia matemática». Al igual que en el caso de la comprensión lectora, la evaluación de los componentes de la competencia matemática se centra en algunas de las competencias esenciales para lograr la automaticidad y la fluidez en el manejo de la información matemática y numérica. La atención se centra en el «sentido numérico», definido como «el sentido de las cantidades y el sentido de cómo los números representan las cantidades» (véase el marco de competencia matemática). Las preguntas que se utilizarán serán de dos tipos: preguntas relativas a cantidades (utilizando la raíz «¿Cuántos...?») y preguntas relacionadas con magnitudes relativas («¿El mayor?»).

Avances en la resolución de problemas

La resolución de problemas representa el dominio en el que los cambios en la conceptualización de la competencia en cuestión han sido mayores.¹³ Esta es una de las razones por las que las evaluaciones de la resolución de problemas no se han relacionado entre sí. La evaluación de la resolución de problemas se llevó a cabo por primera vez en ALL, basándose en el concepto de «resolución analítica de problemas» (Murray, Clermont y Binkley, 2005_[10]) y se evaluó en formato de papel. Se sustituyó por la evaluación de la «resolución de problemas en entornos muy tecnológicos» (PS-TRE) en el Ciclo 1 de PIAAC, que ha sido sustituida, a su vez, por la resolución adaptativa de problemas (APS) en el Ciclo 2 de PIAAC.

La resolución analítica de problemas en ALL se centró en los aspectos genéricos del proceso de resolución de problemas entendido como «el pensamiento y la acción dirigidos a un objetivo en situaciones para las que no se dispone de un procedimiento rutinario de solución» (Murray, Clermont y Binkley, 2005, p. 197_[10]),

en particular los pasos de:

- identificar un problema
- buscar información relevante e integrarla en una representación coherente del problema
- evaluar la situación del problema en cuanto a unos objetivos y criterios determinados
- diseñar un plan para la solución, es decir, una secuencia ordenada de acciones adecuadas
- supervisar su ejecución.

La evaluación de la resolución de problemas en ALL consistió en una evaluación en papel que incluía problemas estáticos en los que se proporcionaba toda la información necesaria por adelantado. Se reconocieron de manera explícita las limitaciones de este enfoque. En concreto, se consideró que las tareas simuladas por ordenador eran la única forma de abordar los aspectos dinámicos de la estructuración de la tarea (procesamiento continuo de la información entrante, realización de procesos en los que no se puede influir directamente, gestión de la retroalimentación y de los incidentes críticos).

En el Ciclo 1 de PIAAC, la evaluación de la resolución de problemas se trasladó a la modalidad CBA en forma de evaluación de PS-TRE. La PS-TRE constituye un concepto híbrido, entre, por un lado, la capacidad de utilizar las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), y, por otro, la capacidad de resolver problemas. Esta hibridación se refleja en que el dominio de los problemas cubiertos se limita al de los «problemas de información», es decir, los problemas que implican la interacción con dispositivos y aplicaciones digitales (Grupo de Expertos de PIAAC en Resolución de Problemas en Entornos Ricos en Tecnología, 2009, pp. 8-9^[12]):

- El problema es principalmente una consecuencia de la disponibilidad de nuevas tecnologías.
- La solución del problema requiere el uso de recursos informáticos (aplicaciones, formatos de representación, procedimientos computacionales).
- Los problemas están relacionados con los propios entornos tecnológicos (por ejemplo, cómo utilizar un ordenador, cómo solucionar un problema de configuración, cómo utilizar un navegador de Internet).

El hecho de centrarse en la evaluación de los problemas en entornos digitales constituye tanto el punto fuerte como el débil de PS-TRE. Por su diseño, solo los examinados que tenían algunas competencias (básicas) en las TIC podían mostrar su competencia en este ámbito. La falta de respuesta por la ausencia de familiaridad con los dispositivos TIC o de competencias informáticas escasas era relevante para el concepto y podía interpretarse como falta de competencia. El inconveniente fue que una proporción considerable (entre el 8 y el 57 %) de los encuestados de todos los países participantes no realizaron la evaluación, ya que no estaban familiarizados con los ordenadores o no deseaban realizar PIAAC en un ordenador portátil¹⁴ (OCDE, 2019^[15]). Esto dificultó la comparación de los resultados entre los países participantes¹⁵ y supuso una laguna considerable en el conocimiento de las competencias de resolución de problemas *per se* de la población adulta.

El APS, tal y como se ha conceptualizado para el Ciclo 2 de PIAAC, supone el regreso a un concepto de resolución de problemas general que es relevante para una serie de entornos y contextos de información y no se limita a los problemas integrados digitalmente, aunque los aspectos digitales como modo de resolución de problemas desempeñen un papel importante en el APS. Lo que lo diferencia de la resolución analítica de problemas tal y como se evalúa en ALL es su enfoque en los aspectos dinámicos y adaptativos de la resolución de problemas (la capacidad de reaccionar a los cambios imprevistos y a la nueva información que surge durante el proceso) y en la metacognición (la capacidad de reflexionar sobre el proceso de resolución de problemas a medida que tiene lugar) controlando el avance, ajustando los objetivos y las estrategias a la luz de la nueva información y los cambios en la situación del problema.

Relación entre las evaluaciones de PIAAC y PISA

Además de PIAAC, la OCDE gestiona el Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA), una evaluación de estudiantes de 15 años que se realiza cada tres años desde el año 2000. En cada Ciclo de evaluación, PISA evalúa las competencias en tres dominios fundamentales (lectura, matemáticas y ciencias), así como un ámbito adicional exclusivo de cada Ciclo. Las evaluaciones de resolución de problemas se aplicaron como dominio adicional en 2003, 2012 y 2015.

Aunque en PIAAC y en PISA se evalúan competencias similares en los ámbitos de la comprensión/competencia lectora, la competencia matemática/matemáticas y la resolución de problemas, los dos estudios han seguido caminos de desarrollo distintos y no han sido diseñados para ser vinculados de forma psicométrica. Las escalas de cálculo en dominios relacionados (por ejemplo, comprensión/competencia lectora) son independientes y las evaluaciones no tienen elementos en común.¹⁶ Esto refleja cierto grado de dependencia de la trayectoria (PIAAC está diseñado para vincularse con la IALS y la ALL), así como el hecho de que las dos evaluaciones tienen poblaciones objetivo diferentes.

Al mismo tiempo, PIAAC y PISA comparten muchos elementos en el plano conceptual. Pertenecen a la misma tradición de cálculo, comparten un enfoque similar en la conceptualización y definición de los conceptos que calculan y una metodología de evaluación similar. Además, ha habido muchos expertos que han trabajado en ambos estudios. Al revisar la relación entre la evaluación de la competencia matemática en PIAAC y la evaluación de las matemáticas en PISA, Gal y Tout (2014, p. 52^[16]) concluyen que:

Tanto la evaluación de la competencia matemática en PIAAC como la de matemáticas en el PISA parecen tener importantes similitudes conceptuales y bastantes puntos comunes prácticos en la naturaleza de sus preguntas de prueba y sus principios de diseño, así como en la variedad de áreas de contenido y competencias que cubren. Los dos estudios son muy coherentes en sus descripciones y estructuras para los contextos y las clasificaciones de contenido del mundo real, junto con la forma en que describen los tipos y la amplitud de las respuestas y las acciones que se esperan de los encuestados.

Se podrían hacer comentarios muy parecidos en relación con los marcos de comprensión/competencia lectora y resolución de problemas en ambos estudios —véase OCDE, 2019 (págs. 91-93^[17])—.

A lo largo del tiempo, se ha producido una considerable influencia mutua entre las evaluaciones de la población adulta y la de los estudiantes de educación secundaria, especialmente en lo que respecta a la conceptualización y definición de las competencias de lectura y gestión de la información matemática y numérica. Los marcos de comprensión lectora de la IALS tuvieron una gran influencia en el desarrollo del primer marco de lectura del PISA (OCDE, 1999^[18]) a finales de la década de 1990. La adopción en el PISA de un enfoque de la evaluación de la lectura, las matemáticas y las ciencias centrado en el uso de estas competencias en entornos extraescolares debe mucho al enfoque de la IALS para la evaluación de la comprensión lectora, con su énfasis en la importancia de la lectura para el funcionamiento social. El marco de lectura del PISA 2000 retomó la clasificación de los tipos de texto desarrollada en la IALS, en particular la distinción prosa/documento. En muchos sentidos, el PISA podría considerarse como un IALS para el alumnado de centros educativos¹⁷. Los marcos de PISA han influido a su vez en PIAAC, especialmente en el ámbito de la comprensión/competencia lectora. Por ejemplo, la escala única de lectura adoptada por el PISA prefiguraba la escala única de comprensión lectora de PIAAC; las clasificaciones de textos y procesos cognitivos adoptadas en el Ciclo 1 de PIAAC reflejan la utilizada en el PISA.

Reflejando los vínculos conceptuales entre los dos estudios, una de las consideraciones en el desarrollo de los marcos de evaluación para el Ciclo 2 de PIAAC fue maximizar la coherencia conceptual y terminológica entre los marcos de PIAAC y PISA cuando fuera pertinente y apropiado. Al mismo tiempo,

los marcos siguen reflejando el hecho de que PIAAC representa una evaluación de la población adulta.

Los documentos del marco

Cada uno de los documentos del marco incluidos en este volumen fueron preparados por un grupo de expertos dedicado¹⁸ a lo largo de 2018-19 con el proceso gestionado y coordinado por el contratista internacional de PIAAC dirigido por Education Testing Service (ETS). Los miembros fueron seleccionados de forma que se incluyesen expertos de diferentes orígenes y países. En todos los grupos, algunos miembros también habían formado parte de los grupos responsables de los marcos del Ciclo 1, de este modo se ha garantizado la continuidad entre los Ciclos, y otros también habían trabajado en el proyecto PISA en diversas funciones. Aunque cada grupo de expertos trabajó de forma independiente, hubo una estrecha comunicación entre los grupos, especialmente entre la presidencia. Además, hubo un solapamiento en la composición de los grupos, ya que el presidente del grupo de lectura también fue miembro del grupo de resolución de problemas.

Tanto en lo que respecta a la resolución adaptativa de problemas como a la competencia matemática, el trabajo de los grupos de expertos se basó en un trabajo exploratorio anterior encargado por la Junta de Países Participantes (BPC) de PIAAC, el comité directivo del proyecto PIAAC. En 2017 se elaboró un marco conceptual inicial para la evaluación de la resolución adaptativa de problemas (Greiff et al., 2017^[5]), así como una revisión del marco de competencia matemática de PIAAC (Tout et al., 2017^[6]).

Los documentos del marco representan un trabajo en curso. Se actualizarán tras la finalización de la recogida de datos del estudio principal. En este punto, los grupos de expertos examinarán y revisarán los descriptores de los niveles de competencia utilizados para describir las escalas de cálculo en el caso de la comprensión lectora y la competencia matemática y desarrollarán la escala descrita en el caso de la APS.

Referencias

- Gal, I. y D. Tout (2014), "Comparison of PIAAC and PISA Frameworks for Numeracy and Mathematical Literacy", *OECD Education Working Papers*, No. 102, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/5jz3wl63cs6f-en>. [16]
- Greiff, S. et al. (2017), "Adaptive problem solving: Moving towards a new assessment domain in the second cycle of PIAAC", *OECD Education Working Papers*, No. 156, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/90fde2f4-en>. [5]
- Keslair, F. (2018), "Interviewers, test-taking conditions and the quality of the PIAAC assessment", *OECD Education Working Papers*, No. 191, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/5babb087-en>. [19]
- Krenzke, T. et al. (2019), *U.S. Program for the International Assessment of Adult Competencies (PIAAC) 2012/2014/2017: Main Study, National Supplement, and PIAAC 2017 Technical Report (NCES 2020042)*, U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics, Washington, DC, <https://nces.ed.gov/pubsearch/pubsinfo.asp?pubid=2020224>. [1]
- Maehler, D., S. Jakowatz y I. Konradt (2020), *PIAAC Bibliography - 2008-2019*, (GESIS Papers, 2020/04), GESIS - Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften, Köln, <https://doi.org/10.21241/ssoar.67732>. [29]
- Mullis, I. y M. Martin (eds.) (2015), *PIRLS 2016 Assessment Framework, 2nd Edition*, TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College and International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA), <https://timssandpirls.bc.edu/pirls2016/framework.html>. [28]
- Mullis, I. y M. Martin (eds.) (2013), *TIMSS 2015 Assessment Frameworks*, TIMSS and PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College and International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA), <https://timssandpirls.bc.edu/timss2015/frameworks.html>. [27]
- Murray, S., Y. Clermont y M. Binkley (eds.) (2005), *Measuring Adult Literacy and Life Skills: New Frameworks for Assessment*, Catalogue No. 89-552-MIE, No. 13. Statistics Canada, Ottawa. [10]
- Murray, S., I. Kirsch y L. Jenkins (eds.) (1998), *Adult Literacy in OECD Countries: Technical Report on the First International Adult Literacy Survey*, (NCES 98-053), National Center for Education Statistics, Office of Educational Research and Improvement, Washington, DC. [8]
- OCDE (2019), *Beyond Proficiency: Using Log Files to Understand Respondent Behaviour in the Survey of Adult Skills*, OECD Skills Studies, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/0b1414ed-en>. [24]
- OCDE (2019), *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*, PISA, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/b25efab8-en>. [23]
- OCDE (2019), *Skills Matter: Additional Results from the Survey of Adult Skills*, OECD Skills Studies, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/1f029d8f-en>. [15]
- OCDE (2019), *Technical Report of the Survey of Adult Skills, Third Edition*, http://www.oecd.org/skills/piaac/publications/PIAAC_Technical_Report_2019.pdf. [3]
- OCDE (2019), *The Survey of Adult Skills: Reader's Companion, Third Edition*, OECD Skills Studies, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/f70238c7-en>. [17]

- OCDE (2016), *Skills Matter: Further Results from the Survey of Adult Skills*, OECD Skills Studies, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264258051-en>. [22]
- OCDE (2013), *OECD Skills Outlook 2013: First Results from the Survey of Adult Skills*, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264204256-en>. [21]
- OCDE (2012), *Literacy, Numeracy and Problem Solving in Technology-Rich Environments: Framework for the OECD Survey of Adult Skills*, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264128859-en>. [11]
- OCDE (2002), *Reading for Change: Performance and Engagement across Countries: Results from PISA 2000*, PISA, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264099289-en>. [20]
- OCDE (1999), *Measuring Student Knowledge and Skills: A New Framework for Assessment*, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264173125-en>. [18]
- OCDE/Statistics Canada (2011), *Literacy for Life: Further Results from the Adult Literacy and Life Skills Survey*, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264091269-en>. [26]
- OCDE/Statistics Canada (2005), *Learning a Living: First Results of the Adult Literacy and Life Skills Survey*, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264010390-en>. [25]
- OCDE/Statistics Canada (2000), *Literacy in the Information Age: Final Report of the International Adult Literacy Survey*, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264181762-en>. [9]
- PIAAC (2014), *PIAAC Technical Standards and Guidelines - June 2014*, OECD Publishing, [http://www.oecd.org/skills/piaac/PIAAC-NPM\(2014_06\)PIAAC_Technical_Standards_and_Guidelines.pdf](http://www.oecd.org/skills/piaac/PIAAC-NPM(2014_06)PIAAC_Technical_Standards_and_Guidelines.pdf). [2]
- PIAAC Expert Group in Problem Solving in Technology-Rich Environments (2009), “PIAAC Problem Solving in Technology-Rich Environments: A Conceptual Framework”, *OECD Education Working Papers*, No. 36, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/220262483674>. [12]
- PIAAC Literacy Expert Group (2009), “PIAAC Literacy: A Conceptual Framework”, *OECD Education Working Papers*, No. 34, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/220348414075>. [13]
- PIAAC Numeracy Expert Group (2009), “PIAAC Numeracy: A Conceptual Framework”, *OECD Education Working Papers*, No. 35, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/220337421165>. [14]
- Sabatini, J. y K. Bruce (2009), “PIAAC Reading Component: A Conceptual Framework”, *OECD Education Working Papers*, No. 33, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/220367414132>. [4]
- Tout, D. (2020), “Evolution of adult numeracy from quantitative literacy to numeracy: Lessons learned from international assessments”, *International Review of Education*, Vol. 66/2-3, pp. 183-209, <http://dx.doi.org/10.1007/s11159-020-09831-4>. [7]
- Tout, D. et al. (2017), *Review of the PIAAC Numeracy Assessment Framework: Final Report*, Australian Council for Educational Research, Camberwell, Australia. [6]
- Wallin, G. (2018), “New PIAAC study coming up – to measure abilities among adults”, *Nordic Labour Journal*, <http://www.nordiclbourjournal.org/nyheter/news-2018/article.2018-12-14.7343538187>. [30]

Anexo 1.A. Resumen de la evolución de los marcos de evaluación - de la IALS al Ciclo 2 de PIAAC

Tabla Anexo 1.A.1. Comprensión lectora (lectura)

	IALS/ALL		Ciclo 1 de PIAAC	Ciclo 2 de PIAAC
Concepto	Comprensión lectora de prosa	Comprensión lectora de documentos	Comprensión lectora	Comprensión lectora
Definición	<p>La comprensión lectora consiste en utilizar la información impresa y escrita para desenvolverse en la sociedad, alcanzar objetivos personales y desarrollar los conocimientos y potencial propios.</p> <p>La comprensión lectora en prosa es el conocimiento y las habilidades necesarias para comprender y utilizar la información de los textos, incluidos los editoriales, las noticias, los folletos y los manuales de instrucciones.</p>	<p>La comprensión lectora consiste en utilizar la información impresa y escrita para desenvolverse en la sociedad, alcanzar objetivos personales y desarrollar los conocimientos y potencial propios.</p> <p>La comprensión lectora documental es el conocimiento y las competencias necesarias para localizar y utilizar la información contenida en diversos formatos, como las solicitudes de empleo, los formularios de nómina, los horarios de transporte, los mapas, las tablas y los gráficos.</p>	<p>La comprensión lectora es la capacidad de comprender, evaluar, utilizar y relacionarse con <i>los textos escritos</i> para participar en la sociedad, alcanzar objetivos personales y desarrollar conocimientos y potencial propios. La comprensión lectora abarca una serie de competencias que van desde la decodificación de palabras y oraciones escritas hasta la comprensión, interpretación y evaluación de textos complejos.</p>	<p>La comprensión lectora consiste en acceder a textos escritos, comprenderlos, evaluarlos y reflexionar sobre ellos para alcanzar los objetivos propios, desarrollar los conocimientos y el potencial de cada uno y participar en la sociedad.</p>
Procesos cognitivos	<ul style="list-style-type: none"> Localización Ciclaje Integración Generación 		<ul style="list-style-type: none"> Acceso e identificación Integración e interpretación (relacionar partes del texto entre sí) Evaluar y reflexionar 	<ul style="list-style-type: none"> Acceso al texto Comprensión Evaluación
Contenido	<p>Textos continuos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Descripción Narración Exposición Argumentación Instrucción Documento o registro 	<p>Textos no continuos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Documentos matriciales Documentos gráficos Documentos de localización Documentos de entrada Documentos combinados 	<p>Textos caracterizados por su soporte (<i>impreso o digital</i>) y por su formato:</p> <ul style="list-style-type: none"> Textos <i>continuos</i> o en <i>prosa</i> que implican, por ejemplo, narración, argumentación o descripciones Textos <i>no continuos</i> o <i>documentales</i>, por ejemplo, tablas, listas y gráficos Textos <i>mixtos</i> que 	<p>Textos caracterizados por su:</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo (descripción, narración, exposición, argumentación, instrucción, transacción) Formato (continuo, no continuo, mixto) Organización (la cantidad de información y la densidad de la representación de los

	IALS/ALL		Ciclo 1 de PIAAC	Ciclo 2 de PIAAC
			<p>incluyen combinaciones de prosa y texto documental</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Textos múltiples</i> que consisten en la yuxtaposición o el enlace de elementos generados independientemente 	<p>contenidos y los dispositivos de acceso)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fuente (textos únicos o múltiples)
Contextos	<ul style="list-style-type: none"> • Hogar y familia • Salud y seguridad • Comunidad y ciudadanía • Economía del consumidor • Trabajo • Ocio y tiempo libre 		<ul style="list-style-type: none"> • Personal • Trabajo • Comunidad • Educación 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo y ocupación • Personal • Social y cívico
Factores que afectan a la dificultad de la tarea	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de combinación • Tipo de información solicitada • Plausibilidad de los distractores 		<ul style="list-style-type: none"> • Transparencia de la información • Grado de complejidad en la realización de inferencias • Complejidad semántica y complejidad sintáctica • Cantidad de información necesaria • Relevancia de la información • Características del texto (como los marcadores de cohesión del texto) 	<ul style="list-style-type: none"> • Factores del texto (longitud, tipo de texto, familiaridad del contenido, presencia de dispositivos de señalización del contenido) • Factores de la tarea (longitud de la raíz, explicitación de la orientación) • Factores de texto por tarea (tipo de coincidencia, presencia de información distractora o irrelevante)
Modo de evaluación	En papel		En ordenador (dispositivo portátil) + en papel	En ordenador (dispositivo de tableta) + papel en un número limitado de países

Fuentes: En relación con IALS: Murray, Kirsch y Jenkins (1998^[8]). En relación con ALL: Murray, Clermont y Binkley (2005^[10]). En relación con el Ciclo 1 de PIAAC: (OCDE, 2019^[17]). En relación con el Ciclo 2 de PIAAC: los marcos incluidos en este volumen.

Tabla Anexo 1.A.2. Gestión de la información numérica y matemática

	IALS	ALL	Ciclo 1 de PIAAC	Ciclo 2 de PIAAC
Concepto	Alfabetización cuantitativa	Competencia matemática	Competencia matemática	Competencia matemática
Definición	La comprensión lectora cuantitativa es el conocimiento y las competencias necesarias para aplicar operaciones aritméticas, solas o en secuencia, a los números incluidos en materiales impresos, como hacer el saldo de un talonario de cheques, calcular una propina, rellenar un formulario de un pedido o determinar el importe de los intereses de un préstamo a partir de un anuncio.	La competencia matemática es el conocimiento y las competencias necesarias para manejar y responder eficazmente a las demandas matemáticas de diversas situaciones. El comportamiento matemático se observa cuando las personas manejan una situación o resuelven un problema en un contexto real; implica responder a la información sobre ideas matemáticas que pueden representarse de diversas maneras; requiere la activación de una serie de conocimientos, factores y procesos habilitantes.	La competencia matemática es la capacidad de acceder, de utilizar, de interpretar y de comunicar información e ideas matemáticas, con el fin de participar y gestionar las exigencias matemáticas de una serie de situaciones en la vida adulta. Para ello, la competencia matemática implica manejar una situación o resolver un problema en un contexto real, respondiendo a contenidos/informaciones/ideas matemáticas representadas de múltiples maneras.	La competencia matemática es el acceso, la utilización y el razonamiento crítico de los contenidos, la información y las ideas matemáticas representadas de múltiples maneras, con el fin de enfrentarse y gestionar las exigencias matemáticas de una serie de situaciones en la vida adulta.
Contenido	Textos no continuos: <ul style="list-style-type: none"> • Documentos matriciales • Documentos gráficos • Documentos de localización • Documentos de entrada • Documentos combinados 	Información matemática: <ul style="list-style-type: none"> • Dimensión y forma • Patrón, funciones y relaciones • Datos y azar • Cambio Representaciones de información matemática: <ul style="list-style-type: none"> • Objetos • Fotos • Notación simbólica • Fórmula • Pantallas visuales • Textos 	Contenido matemático, información e ideas: <ul style="list-style-type: none"> • Cantidad y número • Dimensión y forma • Patrón, relaciones, cambio • Datos y azar Representaciones de contenidos matemáticos: <ul style="list-style-type: none"> • Objetos e imágenes • Números y símbolos • Diagramas, mapas, gráficos y tablas • Textos • Pantallas tecnológicas 	Información e ideas de contenido matemático: <ul style="list-style-type: none"> • Cantidad y número • Espacio y forma • Cambio y relaciones • Datos y azar Representaciones matemáticas: <ul style="list-style-type: none"> • Texto o símbolos • Imágenes de objetos físicos • Información estructurada • Aplicaciones dinámicas
Procesos cognitivos	<ul style="list-style-type: none"> • Localización • Ciclaje • Integración • Generación 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar o localizar • Actuar o reaccionar • Interpretar • Comunicar 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar, localizar o acceder • Actuar y utilizar (ordenar, contar, estimar, calcular, medir, modelar) • Interpretar, evaluar y analizar • Comunicar 	<ul style="list-style-type: none"> • Acceder a situaciones y evaluarlas matemáticamente • Reaccionar ante las matemáticas y utilizarlas • Evaluar, reflexionar de forma crítica, valorar

	IALS	ALL	Ciclo 1 de PIAAC	Ciclo 2 de PIAAC
Contextos	<ul style="list-style-type: none"> • Hogar y familia • Salud y seguridad • Comunidad y ciudadanía • Economía del consumidor • Trabajo • Ocio y tiempo libre 	<ul style="list-style-type: none"> • Vida cotidiana • Trabajo • Sociedad y comunidad • Aprendizaje adicional 	<ul style="list-style-type: none"> • Vida cotidiana • Trabajo • Sociedad y comunidad • Aprendizaje adicional 	<ul style="list-style-type: none"> • Personal • Trabajo • Social/comunitario
Factores que afectan a la dificultad de la tarea	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de combinación • Tipo de información solicitada • Plausibilidad de los distractores • Tipo de cálculo • Especificidad de la operación 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de combinación/problema • Plausibilidad de los distractores • Complejidad de la información matemática • Tipo de operación • Número previsto de operaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de combinación/problema • Plausibilidad de los distractores • Complejidad de la información matemática • Tipo de operación • Número previsto de operaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de combinación/problema • Plausibilidad de los distractores • Complejidad de la información matemática • Tipo de operación • Número previsto de operaciones
Modo de evaluación	En papel	En papel	En ordenador (dispositivo portátil) + en papel	En ordenador (dispositivo de tableta) + papel en un número limitado de países

Fuentes: En relación con IALS: Murray, Kirsch y Jenkins (1998^[8]). En relación con ALL: Murray, Clermont y Binkley (2005^[10]). En relación con el Ciclo 1 de PIAAC: (OCDE, 2019^[17]). En relación con el Ciclo 2 de PIAAC: los marcos incluidos en este volumen.

Tabla Anexo 1.A.3. Resolución de problemas

	ALL	Ciclo 1 de PIAAC	Ciclo 2 de PIAAC
Concepto	Resolución analítica de problemas	Resolución de problemas en entornos tecnológicos	Resolución adaptativa de problemas
Definición	<p>La resolución de problemas implica el pensamiento y la acción dirigidos a un objetivo en situaciones para las que no se dispone de un procedimiento rutinario de solución.</p> <p>La persona que soluciona los problemas tiene un objetivo más o menos bien definido, pero no sabe inmediatamente cómo alcanzarlo. La incongruencia de los objetivos y los operadores admisibles forma un problema. La comprensión de la situación del problema y su transformación paso a paso, basada en la planificación y el razonamiento, forman el proceso de resolución de problemas.</p>	<p>La resolución de problemas en entornos tecnológicos implica la capacidad de utilizar la tecnología digital, las herramientas de comunicación y las redes para adquirir y evaluar información, comunicarse con otros y realizar tareas prácticas. La evaluación se centra en las capacidades para resolver problemas estableciendo objetivos y planes adecuados, y accediendo y haciendo uso de la información a través de ordenadores y redes informáticas.</p>	<p>La resolución adaptativa de problemas implica la capacidad de alcanzar los objetivos propios en una situación dinámica, en la que no se dispone de un método de solución inmediato. Requiere la participación en procesos cognitivos y metacognitivos para definir el problema, buscar información y aplicar una solución en una variedad de entornos y contextos de información.</p>
Procesos cognitivos	<p>Definir el objetivo</p> <p>Analizar la situación dada y construir una representación mental</p> <p>Diseñar una estrategia y planificar los pasos a seguir</p> <p>Ejecución del plan, incluyendo el control y, si es necesario, la modificación de la estrategia</p> <p>Evaluar el resultado</p>	<p>Fijar objetivos y hacer un seguimiento de los avances</p> <p>Planificación</p> <p>Adquisición y evaluación de la información</p> <p>Utilizar la información</p>	<p>Definición</p> <p>Búsqueda</p> <p>Aplicación</p>
Contenido	Problemas	<p>Tecnología:</p> <p><i>Dispositivos de hardware</i></p> <p><i>Aplicaciones informáticas</i></p> <p><i>Comandos y funciones</i></p> <p><i>Representaciones</i> (texto, gráficos, vídeo)</p> <p>Naturaleza de los problemas:</p> <p><i>Complejidad intrínseca</i> que incluye el número de pasos necesarios para la solución, el número de alternativas, la complejidad del cálculo y/o la transformación, el número de restricciones</p> <p>La <i>explicitación del planteamiento del problema</i>, por ejemplo, si no está especificado o descrito con mucho detalle</p>	<p>Aspectos de los problemas:</p> <p>Configuración del problema</p> <p>Dinámica de la situación</p> <p>Características del entorno</p> <p>Entorno de información</p>
Contextos	No se especifica	<p>Personal</p> <p>Trabajo y ocupación</p> <p>Cívico</p>	<p>Personal</p> <p>Trabajo</p> <p>Social/comunitario</p>

	ALL	Ciclo 1 de PIAAC	Ciclo 2 de PIAAC
Factores que afectan a la dificultad de la tarea	No se especifica	Número mínimo de pasos necesarios para resolver el problema Número de opciones o alternativas en varias etapas del espacio del problema Diversidad de operadores necesarios, complejidad de cálculo/transformación Probabilidad de que se produzcan puntos muertos o resultados inesperados Número de restricciones que hay que cumplir Cantidad de transformación necesaria para comunicar una solución Mal definido (implícito, no especificado) frente a bien definido (explícito, descrito en detalle)	Número de elementos, relaciones y operaciones Prominencia y accesibilidad de los operadores Interacciones entre los elementos del problema Número de tareas paralelas y objetivos Número de características que cambian y su relevancia Prominencia del cambio (si algo cambia) Frecuencia de cambio Grado de punto muerto Riqueza de información Proporción de información irrelevante (Falta de) Estructura del entorno Número de fuentes de información
Modo de evaluación	En papel	Por ordenador (dispositivo portátil)	Por ordenador (dispositivo de tableta)

Fuentes: En relación con ALL: Murray, Clermont y Binkley (2005^[10]). En relación con el Ciclo 1 de PIAAC: (OCDE, 2019^[17]). En relación con el Ciclo 2 de PIAAC: los marcos incluidos en este volumen.

Observaciones

¹ Los resultados de la IALS pueden encontrarse en OECD/Statistics Canada (2000^[9]) y los resultados del ALL en OECD/Statistics Canada (2005^[25]; 2011^[26]).

² Los resultados se han publicado en la OCDE (2013^[21]; 2016^[22]; 2019^[15]). En Maehler, Jakowatz y Konradt (2020^[29]) se ofrece una bibliografía exhaustiva de las publicaciones basadas en PIAAC durante el periodo de 2008 a 2019.

³ Las Normas y Directrices Técnicas de PIAAC [(PIAAC, 2014^[2]), Directriz 10.4.1] establecen que la entrevista debe realizarse en el domicilio del encuestado. Sin embargo, si el encuestado lo prefiere, puede realizarse en un lugar neutral, como una biblioteca, un centro comunitario o una oficina. De media, en todos los países, alrededor del 91 % de las entrevistas tuvieron lugar en el domicilio del encuestado — véase Keslair, 2018 (pp. 11-13^[19])—. En un pequeño número de países, alrededor de un tercio de las entrevistas tuvo lugar en un lugar distinto al de la residencia del encuestado.

⁴ El cuestionario de antecedentes utilizado en el Ciclo 1 de PIAAC puede consultarse en http://www.oecd.org/skills/piaac/BQ_MASTER.HTM. El cuestionario de antecedentes para el Ciclo 2 será en gran medida similar, aunque se mejorará y actualizará en una serie de aspectos.

⁵ Véanse, por ejemplo, los marcos del PISA (OCDE, 2019^[23]), TIMSS (Mullis y Martin, 2013^[27]) y PIRLS (Mullis y Martin, 2015^[28]).

⁶ La evaluación suele realizarse únicamente en la lengua o lenguas nacionales. En un pequeño número de países participantes, la evaluación también está disponible en lenguas minoritarias ampliamente habladas —véase la Tabla 4.11 en OCDE (2019_[17])—.

⁷ Tout (2020_[7]) ofrece una visión global de los cambios en la conceptualización de la «competencia matemática» entre la IALS y el Ciclo 2 de PIAAC. Un buen debate sobre los factores que influyen en la evolución de los marcos de evaluación en lectura en el PISA, que también es relevante para PIAAC, puede encontrarse en OCDE (2019, pp. 22-27_[23]).

⁸ Véase OCDE (2019_[24]) para obtener un análisis de los datos de los archivos de registro derivados de PIAAC.

⁹ Un aspecto de la evaluación de la comprensión lectora que ha permanecido constante desde la IALS en las evaluaciones de la población adulta es que solo ha incluido la *lectura* (comprensión y análisis de los textos escritos) y no ha incluido el aspecto de la *escritura* o la producción de textos. Esto representa una opción pragmática más que una posición teórica. Se reconoce que la escritura constituye un aspecto importante de un concepto amplio de la comprensión lectora. Sin embargo, las dificultades que plantea la evaluación directa de la competencia son lo suficientemente grandes como para que no resulte práctica en las evaluaciones transnacionales a gran escala, como PIAAC.

¹⁰ Así como los formatos de texto habituales en los entornos digitales (por ejemplo, textos múltiples o textos constituidos por series de textos yuxtapuestos).

¹¹ El resultado en la evaluación de los componentes de la lectura se comunicó por separado del resultado en comprensión lectora en el Ciclo 1 de PIAAC.

¹² Según el marco de competencia matemática, las preguntas de la prueba de conocimientos numéricos del Ciclo 1 estaban «basadas principalmente en imágenes estáticas y respuestas asociadas» y eran «más bien evaluaciones en papel transferidas a un ordenador» (marco de competencia matemática).

¹³ Esto también es cierto en el caso del PISA, en el que se han evaluado tres conceptos distintos: la resolución analítica de problemas (2003), la resolución creativa de problemas (2012) y la resolución colaborativa de problemas (2015).

¹⁴ Los encuestados disponían de versiones en papel de las evaluaciones de comprensión lectora y competencia matemática.

¹⁵ Como una proporción variable de la población de 16 a 65 años realizó la evaluación por ordenador, no fue posible comparar las puntuaciones medias entre países. La presentación de las diferencias entre países se centra en la proporción de la población que alcanza los distintos niveles de competencia.

¹⁶ La excepción es la evaluación de la lectura en PISA 2000, en la que se incluyeron quince preguntas de comprensión lectora de prosa de la IALS. La intención era ver si los resultados de los dos estudios podían ser declarados en una escala común. En el capítulo 8 de OCDE (2002_[20]) se exponen los resultados de un análisis del rendimiento del alumnado en las preguntas del IALS.

¹⁷ La descripción de PIAAC como un «PISA para la población adulta» —véase, p. ej., Wallin (2018_[30])— ignora el hecho de que las evaluaciones de población adulta (IALS) fueron anteriores al PISA y no reconoce la fuerte influencia del IALS en el PISA. Es importante señalar que el PISA también tiene una deuda considerable con los estudios TIMSS y PIRLS de la Asociación Internacional de Evaluación (IEA), que demostraron la viabilidad y la utilidad de las evaluaciones internacionales a gran escala del alumnado de centros educativos.

¹⁸ Los miembros de los grupos de expertos figuran en los agradecimientos.

2

Marco de evaluación del Ciclo 2 de PIAAC: Lectura

Jean-François Rouet (presidente), Centre national de la recherche scientifique, Universidad de Poitiers

Mary Anne Britt, Universidad del Norte de Illinois

Egil Gabrielsen, Universidad de Stavanger

Johanna Kaakinen, Universidad de Turku

Tobias Richter, Universidad de Würzburg

En colaboración con Marylou Lennon, Educational Testing Service

Las habilidades de lectura desempeñan un papel esencial en el entorno personal, social y profesional de la población adulta. Además, la difusión de las tecnologías digitales acentúa aún más la importancia de la competencia lectora. Como conjunto de capacidades cognitivas, la comprensión lectora implica: acceder a textos, o a fragmentos dentro de los textos, que se ajusten a las tareas y necesidades de los lectores; comprender el contenido literal de los textos y hacer inferencias adecuadas tanto dentro de los textos como entre ellos; y, evaluar los textos y sus fuentes para comprobar su exactitud, solidez y pertinencia, así como reflexionar sobre los propósitos y estrategias de los autores. La evaluación PIAAC de la comprensión lectora se basa en una amplia variedad de contextos y tipos de texto, desde narraciones personales hasta descripciones y argumentos. Está diseñada como un conjunto de escenarios que incluyen uno o varios textos y un conjunto de preguntas con varios formatos de respuesta. En este documento marco se identifican los principales factores esperados para establecer la dificultad de las preguntas y definir los niveles de rendimiento.

Introducción

El concepto de alfabetización lectora (*literacy*, en inglés), que proviene del latín *litera* (letra, signo escrito) se refiere a la capacidad de comprender y utilizar sistemas de signos escritos. La alfabetización lectora puede definirse tanto como un conjunto de habilidades generalizadas, por ejemplo, decodificar palabras y comprender frases (Perfetti, 1985^[1]), y también puede entenderse como un conjunto de prácticas y valores culturales que varían entre los grupos humanos y las comunidades (Street y Street, 1984^[2]). De este modo, un individuo alfabetizado es una persona capaz de hacer uso de una amplia diversidad de materiales escritos en una amplia variedad de actividades, y que también conoce las normas culturales de las comunidades donde las practica (Rouet y Britt, 2017^[3]).

Desde la invención de los sistemas de signos escritos hace unos cinco mil años, la comunicación escrita ha desempeñado un papel cada vez más importante en las sociedades de todo el mundo. El porcentaje de personas que saben leer y escribir ha aumentado constantemente en los últimos siglos, aunque se calcula que 750 millones de personas adultas todavía no saben leer y escribir con fluidez, y las tasas más altas de analfabetismo coinciden con los niveles más bajos de desarrollo económico (UNESCO, 2017^[4]). En los países en los que se da a las personas la oportunidad de alfabetizarse, los niveles de rendimiento reales de la población adolescente adulta varían de forma notable. Además, los niveles individuales en competencia lectora suelen estar asociados a mejores condiciones de vida, de empleo y de salud (Morrisroe, 2014^[5]; OCDE, 2013^[6]).

Una de las razones por las que la competencia lectora se ha vuelto tan importante es que, en el mundo moderno, la comunicación escrita impregna la mayoría de los aspectos de la vida de las personas, ya sean personales, sociales o profesionales. Un estudio reveló que la población adulta estadounidense típica lee en una media de nueve ocasiones al día, ligeramente más en los días laborables que en los fines de semana y las vacaciones, y sobre todo en relación con tareas prácticas (White, Chen y Forsyth, 2010^[7]). Dependiendo del contexto y de la finalidad, la lectura puede adoptar una gran diversidad de formas. La población adulta lee a veces extensos fragmentos de textos continuos por placer o simplemente para comprender las opiniones principales de un autor, pero lo más frecuente es que consulten las páginas para buscar información que responda a necesidades o preguntas concretas. Para cumplir estos objetivos, la población adulta lee una gran variedad de textos, desde correos electrónicos hasta folletos, pasando por horarios y manuales de instrucciones. Mientras se llevan a cabo estas actividades, se utiliza una amplia diversidad de estrategias y tácticas, todas ellas se inscriben en el ámbito de la comprensión lectora (Alexander and The Disciplined Reading and Learning Research Laboratory, 2012^[8]; Britt, Rouet y Durik, 2018^[9]; Goldman, 2004^[10]).

La difusión de los ordenadores y del acceso a Internet en las dos últimas décadas ha acentuado aún más la importancia de las competencias lectoras en las sociedades contemporáneas (Leu et al., 2017^[11]). Poco puede hacer una persona analfabeta con un teléfono inteligente, una tableta o un portátil. Los signos escritos están omnipresentes en la mayoría de las aplicaciones informáticas, incluidas las plataformas para compartir vídeos más utilizadas. La lectura digital es cada vez más importante para que las personas accedan a empleos, servicios y bienes, y para que participen en las comunidades.

Por estas razones, la adquisición de estimaciones válidas y fiables de lo que la población adulta puede hacer con los textos impresos se ha convertido en un objetivo destacado para las instituciones públicas. En las últimas décadas se han realizado varias rondas de estudios a nivel internacional.

El segundo estudio PIAAC en el contexto de los anteriores estudios internacionales sobre competencia lectora

Desde principios de la década de 1990, se han realizado tres evaluaciones internacionales a gran escala sobre la comprensión lectora y las competencias básicas de la población adulta. La primera fue la Encuesta

Internacional de Alfabetización de Adultos (IALS) (Murray, Kirsch y Jenkins, 1998^[12]), que se realizó en 22 países y regiones durante el periodo de 1994-1998. La segunda, conocida como Encuesta de Alfabetización y Habilidades para la Vida de los Adultos (ALL) (OCDE/Statistics Canada, 2005^[13]; 2011^[14]), se llevó a cabo entre 2002 y 2008 en 11 países. Un sucesor de la IALS y la ALL —el Programa Internacional para la Evaluación de las Competencias de los Adultos (PIAAC Ciclo 1) (OCDE, 2013^[6])— se llevó a cabo en 39 países y regiones durante el período 2011-2019 (National Center for Education Statistics (NCES), s.f. ^[15]).

IALS, ALL y PIAAC comparten un marco conceptual y un enfoque común para la evaluación de las competencias de comprensión lectora, que abarca la conceptualización de la comprensión lectora, la aproximación a la medida, la calidad de los datos y la presentación de informes sobre los resultados (Kirsch y Lennon, 2017^[16]).

Desarrollos entre la IALS y PIAAC

Una de las principales áreas en las que ha habido un cambio entre las tres evaluaciones afecta a los dominios de las competencias evaluadas. IALS incluía tres dominios de comprensión lectora distintos: en prosa, en documentos y cuantitativa. El principal cambio entre IALS y ALL fue que una nueva escala numérica sustituyó a la escala cuantitativa, mientras que se mantuvieron las escalas de prosa y de documentos.

El marco de evaluación de la comprensión lectora en el Ciclo 1 de PIAAC se basó en gran medida en los utilizados en IALS y ALL, pero en PIAAC la comprensión lectora se evaluó en una sola escala en lugar de en dos escalas separadas (comprensión lectora en prosa y en documentos en ALL). El Ciclo 1 de PIAAC también amplió los tipos de textos cubiertos al incluir textos electrónicos además de los textos continuos (prosa), no continuos (documento) y combinados de los marcos de IALS y ALL. Además, la evaluación de la comprensión lectora se amplió para incluir el cálculo de las competencias en componentes de lectura. Se diseñó para personas con bajos niveles de competencia en comprensión lectora y se centró en la evaluación de las competencias fundamentales necesarias para obtener un significado básico de los textos. Las competencias evaluadas eran el vocabulario impreso, el procesamiento de frases y la fluidez en los textos.

El Ciclo 1 de PIAAC también se diferenciaba de IALS y ALL en que se trataba principalmente de una evaluación integrada por ordenador. La mayoría de las personas encuestadas fueron evaluadas utilizando un ordenador portátil. Las personas encuestadas que no estaban suficientemente familiarizadas con los ordenadores o que preferían la versión en papel por otros motivos (26 %) disponían de una versión en papel de la evaluación de la comprensión lectora (y de la alfabetización numérica).

Las tecnologías de la información y la naturaleza cambiante de la comprensión lectora

En los últimos 10 años, el uso de Internet ha crecido rápidamente en todo el mundo. Según estimaciones recientes (UIT, 2017^[17]), más de la mitad (53,6 %) de los hogares del mundo tienen acceso a Internet, lo que supone un aumento drástico respecto a poco menos del 20 % de los hogares que tenían acceso a Internet en 2005, y poco más del 30 % en 2010. El número de personas que utilizan Internet ha crecido de forma natural a medida que el acceso a Internet se ha generalizado. Se calcula que hoy en día hay 3500 millones de usuarios de Internet, lo que representa casi la mitad (48 %) de la población mundial (UIT, 2017^[17]).

El rápido crecimiento del uso de Internet causa que en el mundo actual la lectura se realice a menudo en entornos digitales: la gente busca y lee horarios, mapas y calendarios en línea, busca productos y sus reseñas y los compra en Internet, busca información en Wikipedia, lee periódicos y blogs en línea e interactúa en las redes sociales. El medio de acceso a la información está pasando rápidamente del texto

impreso a las pantallas y a los dispositivos de mano, como los teléfonos inteligentes. Dado que los medios digitales ofrecen unas actividades diferentes de las de los medios impresos tradicionales, la lectura en entornos digitales plantea exigencias y retos cognitivos al lector diferentes de la lectura en medios impresos (Mangen y van der Weel, 2016^[18]). Aunque los entornos digitales ofrecen características que pueden apoyar la comprensión, la evidencia reciente sugiere que la comprensión lectora de textos informativos puede sufrir cuando el material de texto se presenta en forma digital en comparación con la forma impresa (Delgado et al., 2018^[19]).

Una diferencia notable entre los medios impresos y los digitales es que el texto impreso es estático y de naturaleza lineal, mientras que los textos digitales suelen ser hipertextos, que pueden incluir hipervínculos que redirigen a otras fuentes, incluso multimedia. La capacidad de navegar dentro de la red interrelacionada de documentos y la capacidad de localizar la información relevante entre la información potencialmente distractora son, por lo tanto, aspectos cruciales de una lectura digital hábil (Salmerón et al., 2018^[20]).

El marco actual pretende describir la competencia lectora en el contexto actual, en el que la lectura digital es un aspecto central de la participación activa en la sociedad. Para leer con destreza en los complejos entornos informativos con los que interactúan los lectores se requieren tres conjuntos de habilidades fundamentales: capacidad de navegar dentro y entre documentos en red; capacidad de comprender e integrar fuentes de información múltiples y a veces dispares; y capacidad de evaluar críticamente la información presentada (Britt y Gabrys, 2001^[21]; Rouet y Potocki, 2018^[22]; Salmerón et al., 2018^[20]).

Evolución del dominio de competencia lectora del Ciclo 2 de PIAAC en comparación con marcos anteriores

Como consecuencia de los crecientes usos de la comunicación digital, es necesario ampliar el constructo de comprensión lectora para representar las competencias avanzadas que permiten a las personas interactuar con repositorios complejos de información. Entre estas competencias se incluyen la capacidad de identificar elementos relevantes dentro de conjuntos de textos y de escudriñar los textos seleccionados para encontrar información de interés. Durante la búsqueda de información relevante, los lectores utilizan una serie de criterios para descartar información irrelevante o inadecuada e identificar los recursos más útiles. Además, los lectores competentes necesitan comprender la información no solo de un texto, sino también de varios textos que pueden contener gráficos fijos o animados, imágenes fijas y segmentos de vídeo, además de la información escrita. Como se ha puesto de manifiesto en los estudios de investigación, la integración de la información de múltiples documentos requiere procesos mentales específicos que se suman a los procesos de comprensión más tradicionales (Rouet, Britt y Potocki, 2019^[23]). Por último, estar alfabetizado requiere cada vez más que los lectores se distancien de la información que procesan, cuestionando la exactitud, la integridad y la actualidad de la información, así como la competencia, la perspectiva y las posibles tendencias de los autores y editores. Estos procesos de validación (Britt, Richter y Rouet, 2014^[24]; Singer, 2013^[25]) se apoyan en tipos de conocimientos y procedimientos heurísticos específicos que cualquier evaluación de la comprensión lectora debería tener en cuenta.

A medida que el dominio se amplía para representar estrategias más sofisticadas, también hay que tener la precaución de describir las competencias de aquellos lectores que solo tienen una capacidad limitada para comprender y utilizar textos escritos. Estudios como PIAAC han constatado que, en muchos países, una proporción considerable de personas adultas sigue teniendo dificultades con los procesos fundamentales que sustentan cualquier tipo de actividad de comprensión lectora: identificar palabras o símbolos escritos, dar sentido a frases sencillas, hacer inferencias básicas, etc. Se ha pedido que se aumente la precisión de la evaluación en el extremo inferior de la escala de rendimiento. El marco de PIAAC reconoce el papel de estas competencias fundamentales y pretende ofrecer una cobertura satisfactoria de su distribución entre la población.

Por último, la evaluación de la competencia lectora también debe tener en cuenta la participación activa de las personas en actividades de comprensión lectora, tanto en el trabajo como en su vida cotidiana. Se ha comprobado que la exposición a los textos escritos es un factor que contribuye a la adquisición de competencias de lectura y escritura por parte de los chicos y chicas (Stanovich y West, 1989^[26]). Del mismo modo, las personas adultas que se encuentran con oportunidades frecuentes de utilizar textos tienen más probabilidades de desarrollar mejores competencias y de mantenerlas a lo largo del tiempo. Por lo tanto, la información sobre la exposición individual a los textos y el compromiso con ellos puede proporcionar información útil para comprender los vínculos entre el uso de las competencias y su dominio.

Definición de competencia lectora

El Ciclo 2 de PIAAC utiliza una definición muy detallada de la comprensión lectora que pretende destacar un conjunto de procesos cognitivos básicos que intervienen en la mayoría de las actividades de alfabetización, si no en todas. Al mismo tiempo, la definición reconoce que las actividades de comprensión lectora «no se producen en el vacío» (Snow and the RAND reading study Group, 2002 ^[27]), sino que se crean al servicio de los objetivos del individuo, su desarrollo y su participación en la sociedad. Estos diversos propósitos y contextos contribuyen a modelar la forma en que las personas hacen uso de los textos escritos, de ahí su inclusión en la definición.

«La competencia lectora consiste en acceder, comprender, evaluar y reflexionar en torno a textos escritos con el fin de alcanzar unos objetivos propios, desarrollar el conocimiento y el potencial de la persona y su participación en la sociedad»

A continuación, se explica cada parte de la definición, haciendo hincapié en algunos avances teóricos importantes en este dominio, así como en los datos del primer ciclo de PIAAC y de anteriores estudios de investigación.

«La competencia lectora...»

Aunque la etimología del concepto de competencia lectora apunta directamente al lenguaje escrito, en las últimas décadas el término se ha utilizado para referirse a un conjunto cada vez más amplio de dominios e intereses, por ejemplo, en contextos sanitarios, financieros o digitales. En algunas definiciones, las actividades que denotan estas frases solo tienen una relación remota e incidental con el lenguaje escrito. En el presente marco, la palabra se toma en su sentido más amplio, pero también más literal, para describir el uso competente de artefactos lingüísticos escritos, como textos y documentos, independientemente del tipo de actividad o interés considerado. Esta caracterización de la competencia lectora pone de relieve tanto la universalidad del lenguaje escrito (es decir, su potencial para servir a un número infinito de propósitos en un número infinito de ámbitos) como la gran especificidad de la capacidad central que subyace a todas las actividades de comprensión lectora, es decir, la capacidad de leer el lenguaje escrito. Como se ha demostrado en la investigación neurocientífica, aprender a leer es una experiencia muy especial con consecuencias en la organización de algunas áreas del cerebro (Dehaene, 2009^[28]).

«consiste en acceder...»

Los lectores competentes no solo son capaces de comprender los textos a los que se enfrentan, también

pueden llegar a textos que son relevantes para sus propósitos, y buscar fragmentos de interés dentro de esos textos (McCrudden y Schraw, 2007^[29]; Rouet y Britt, 2011^[30]). La búsqueda en textos es cognitivamente distinta a la actividad de leer para entender (Guthrie y Kirsch, 1987^[31]). Al buscar, el lector competente utiliza organizadores de texto (como tablas de contenido y encabezados) para tomar decisiones de relevancia; el lector competente también puede ajustar el ritmo y la profundidad del procesamiento, alternando fases de filtrado rápido con fases de lectura sostenida y profunda encaminadas a la comprensión. Por último, los lectores competentes son impacientes: pueden decidir abandonar un fragmento al darse cuenta de que no contiene información útil. En el marco de la competencia lectora de PIAAC, estos procesos se engloban bajo el término «acceder».

«comprender...»

La mayoría de las definiciones de comprensión lectora reconocen que el objetivo principal de la lectura es que el lector dé sentido al contenido del texto. Esto puede ser desde algo tan básico como comprender el significado de las palabras, hasta algo tan complejo como comprender la controversia entre dos autores que hacen afirmaciones opuestas sobre un tema científico-social. Sea cual sea el contexto, cualquier actividad lectora (incluido el acceso a un texto o a un fragmento de un texto) requiere cierto nivel de comprensión. Las teorías sobre la comprensión de textos (Kintsch, 1998^[32]) suelen distinguir entre la comprensión literal del mensaje y un nivel de comprensión más profundo en el que el lector integra sus conocimientos previos con el contenido del texto mediante la producción de diversos tipos de inferencias (es decir, un modelo de situación). El conocimiento previo del dominio tiene un fuerte impacto (generalmente positivo) en el nivel de comprensión más profundo.

«evaluar y reflexionar...»

Los lectores emiten continuamente juicios sobre el texto al que se enfrentan. Evalúan si el texto es apropiado para la tarea que tienen entre manos y si les proporcionará la información que necesitan. Los lectores también juzgan la exactitud y fiabilidad tanto del contenido como de la fuente del mensaje (Bråten, Strømsø y Britt, 2009^[33]; Richter, 2015^[34]). Intentan detectar y explicar los sesgos y las lagunas en la coherencia o la capacidad persuasiva del texto. En algunos casos, deben emitir juicios sobre la calidad del texto, tanto como objeto de creación como de herramienta para adquirir información.

«en torno a textos escritos...»

En el contexto de PIAAC Ciclo 2, la expresión «texto escrito» designa a las piezas discursivas basadas principalmente en el lenguaje escrito. Los textos escritos pueden incluir elementos no verbales, como gráficos o ilustraciones. Sin embargo, las imágenes, los vídeos y otros medios visuales no se consideran textos escritos propiamente dichos.

Un texto suele tener dos grandes componentes: una fuente y un contenido. La fuente del texto consiste en un conjunto de parámetros que identifican el origen y la difusión del mismo. Los parámetros habituales de la fuente son: la descripción del autor (por ejemplo, «Alfred Nobel, químico y empresario sueco») y el medio de publicación y la fecha del texto. Sin embargo, la información de la fuente a veces incluye detalles más específicos sobre el texto, por ejemplo «segunda edición», o «confidencial». Aunque todos los textos tienen una procedencia, la información de la fuente no siempre se facilita junto con el contenido. Además, las nuevas prácticas de publicación en línea y los medios sociales han tendido a dificultar la identificación de la fuente del texto por parte del lector.

Al igual que en PIAAC Ciclo 1 (y en estudios afines como PISA), la evaluación de la competencia lectora

debe incluir una amplia variedad de tipos de texto, como los narrativos, descriptivos o argumentativos. Se deben incluir textos en diversos formatos, como continuos, no continuos o mixtos. Al igual que en el mundo real, algunos de estos textos pueden presentarse de forma estática, lo que significa que el lector solo tiene una oportunidad limitada de navegar por ellos¹ mientras que otros, especialmente en los entornos digitales, contienen herramientas de navegación interactivas, como tablas de contenido interactivas, hipervínculos y otros elementos. La definición de textos escritos en PIAAC abarca tanto los materiales estáticos como los interactivos.

«con el fin de alcanzar unos objetivos propios,»

Al igual que las lenguas escritas se crearon para satisfacer las necesidades de las civilizaciones emergentes, a nivel individual, la lectura es principalmente un medio para que el individuo alcance unos objetivos. Los objetivos se refieren a actividades personales, pero también al lugar de trabajo y a la interacción con los demás. La competencia lectora es cada vez más importante para satisfacer esas necesidades, ya sea simplemente para orientarse en un edificio, o para realizar actividades burocráticas complejas cuyas normas suelen estar disponibles solo en textos escritos (y cada vez más en formatos digitales). La lectura también es importante para satisfacer las necesidades de la población adulta en cuanto a la sociabilidad, el entretenimiento y el ocio, el desarrollo de la propia comunidad y el trabajo.

«desarrollar el conocimiento y el potencial de la persona y su participación en la sociedad»

El desarrollo del conocimiento y del potencial de cada persona pone de manifiesto una de las consecuencias más poderosas de la competencia lectora. Los textos escritos pueden permitir que las personas aprendan sobre temas de interés, pero también que adquieran habilidades para hacer cosas y comprender las normas de interacción con los demás.

La comunicación escrita es, en primer lugar y en última instancia, una consecuencia de que el ser humano sea una especie social sofisticada. Los textos son artefactos de comunicación, sirven para transmitir información, así como sentimientos y valores a los demás. Como tal, la lectura contribuye a construir, alimentar y preservar la cohesión social.

Dimensiones básicas del dominio de lectura

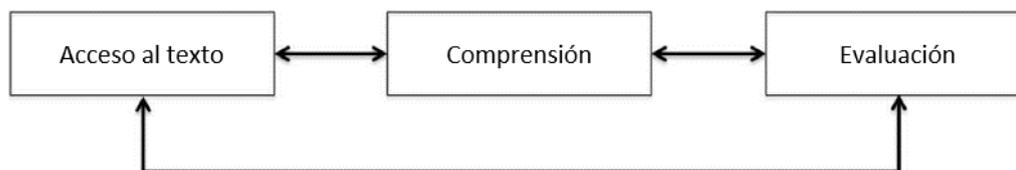
La evaluación de la lectura en PIAAC tiene como objetivo proporcionar una descripción completa y precisa de lo que la población adulta puede hacer con los textos en una amplia variedad de contextos y tareas. Para ello, el dominio de lectura se organiza en torno a un conjunto de aspectos que garantizan una amplia cobertura y una descripción precisa de lo que las personas pueden hacer en cada nivel de rendimiento. En esta sección se describen las dimensiones más importantes que se utilizarán para ayudar a definir los niveles de rendimiento en lectura.

Grado de exigencia de la tarea cognitiva

Leer de manera natural constituye un proceso complejo y versátil. Los lectores más competentes pueden leer sistemática e intensamente pasajes de texto extensos, pero también pueden escanear rápidamente una página en busca de una única palabra clave. La forma en que los lectores se acercan a los textos está determinada principalmente por sus objetivos de lectura, que a su vez vienen determinados por la comprensión que el lector tiene del contexto y las exigencias de la tarea (Britt, Rouet y Durik, 2018^[9]). En PIAAC se identifican tres grupos de procesos que sustentan la mayoría de las actividades de lectura:

acceso al texto, comprensión, y evaluación (Figura 2.1).

Figura 2.1. Tres procesos cognitivos fundamentales que apoyan la competencia lectora



Observaciones: Estos procesos pueden desarrollarse en cualquier orden e incluso en paralelo.

Los tres procesos se corresponden con los incluidos en evaluaciones afines como PIAAC Ciclo 1 y PISA 2018. La Tabla 2.1 muestra la correspondencia entre los procesos de estos marcos.

Tabla 2.1. Correspondencia entre los procesos del Ciclo 2 de PIAAC, el Ciclo 1 de PIAAC y PISA 2018

PIAAC Ciclo 2 (procesos)	PIAAC Ciclo 1 (aspectos de las tareas)	PISA 2018 (procesos)
Acceso al texto	Acceder a la información del texto e identificarla	Localizar la información
Comprensión	Integrar e interpretar	Comprender
Evaluación	Evaluar y reflexionar	Evaluar y reflexionar

Acceso al texto

El acceso al texto comprende una serie de procesos de lectura mediante los cuales los lectores examinan los textos disponibles, seleccionan el más relevante, escanean sus contenidos en busca de fragmentos de información específica y localizan estos fragmentos por medio de indicadores diversos. El concepto acceso hace referencia a la idea de la navegación a través de varios textos o pasajes como función de las exigencias de la tarea y del progreso del lector hacia su objetivo.

La capacidad de acceder a la información en, y a través de los textos, es un componente central de la habilidad lectora en el medio impreso y quizás, más aún, en entornos digitales (Salmerón et al., 2018^[20]). Una navegación eficaz implica que el lector sea capaz de buscar y localizar la información relevante dentro de los textos, y en ello influye el tipo de pregunta que se le plantea, así como la naturaleza de los materiales. En la búsqueda, el lector competente también calibra la profundidad del procesamiento de la información, mediante el simple escaneo de los contenidos irrelevantes para la tarea y, deteniéndose en aquellos que sí son relevantes y que, a juicio del lector, requieren un procesamiento más profundo de los pasajes.

La tarea o la pregunta que el lector tiene en mente condiciona mucho la forma en que los lectores navegan por y entre los documentos (McCrudden y Schraw, 2007^[29]). Identificar la información que es relevante solo es posible si el lector se ha formado un modelo de tarea adecuado que proporcione criterios específicos y oriente las estrategias utilizadas en la búsqueda y localización de información relevante (Britt, Rouet y Durik, 2018^[9]). Las teorías de la lectura intencional sugieren que cuando se lee con objetivos específicos en mente, la información textual entrante se procesa constantemente en función del modelo de tarea (Britt, Rouet y Durik, 2018^[9]). Cuando se detecta información relevante para la tarea, la atención se amplía para satisfacer las exigencias de la misma (Kaakinen y Hyönä, 2014^[35]). La complejidad del

modelo de tarea depende de la pregunta planteada al lector: las preguntas sencillas pueden requerir únicamente la búsqueda de una correspondencia entre la pregunta y la información del texto, mientras que la formación de un modelo de tarea adecuado para una pregunta más compleja puede requerir conocimientos previos e inferencias. De este modo, la falta de conocimientos previos relacionados puede dificultar la búsqueda y localización de información relevante (Kaakinen, Hyönä y Keenan, 2003^[36]), ya que el modelo de tarea del lector puede no especificar lo que es relevante, por lo que el lector tiene que escudriñar toda la información para decidir si esta es relevante o no.

La naturaleza de los materiales textuales influye, claramente, en la facilidad o dificultad de acceso a la información de un texto o conjunto de textos. El marco de lectura PIAAC distingue dos tipos de procesos de búsqueda: la identificación de un único texto relevante de entre un conjunto de ellos, y la localización de información dentro de un solo texto.

Identificar un texto relevante en un conjunto. Si el material disponible se compone de múltiples textos (por ejemplo, varios documentos sobre el mismo tema), los lectores tienen que buscar y seleccionar primero el texto que se espera que contenga la información más útil, sin tener en cuenta los demás elementos. A continuación, los lectores deben buscar y localizar la información relevante dentro de ese texto (Britt, Rouet y Durik, 2018^[9]). La búsqueda de un texto relevante en un conjunto suele implicar el uso de listas como un índice de contenidos (Dreher y Guthrie, 1990^[37]) o la página que muestra los resultados de una consulta en un motor de búsqueda. A la hora de seleccionar un elemento en este tipo de listas, los lectores suelen utilizar procesos heurísticos muy sencillos, como la clasificación de los elementos o la presencia de información destacada (Fu y Pirolli, 2007^[38]; Pan et al., 2007^[39]; Wirth et al., 2007^[40]). De este modo, se da prioridad a los primeros elementos de la lista (Rouet et al., 2011^[41]). Sin embargo, en algunas tareas, estos procedimientos heurísticos sencillos pueden conducir a selecciones no óptimas. Por ejemplo, en el estudio de Rouet et al. (2011^[41]), los estudiantes de 5.º de primaria y 1.º de ESO eran más propensos a seleccionar elementos irrelevantes cuando los elementos contenían palabras clave en mayúsculas. Además, si los materiales contienen mucha información distractora (irrelevante), el lector ha de esforzarse más para rechazar esa información, lo que supone una exigencia añadida para sus habilidades de razonamiento y memorización (Kaakinen y Hyönä, 2008^[42]), pudiendo causar el olvido de la pregunta (Rouet y Coutelet, 2008^[43]).

Localización de información en un texto. Cuando los lectores necesitan localizar un fragmento relevante dentro de un mismo texto, se pueden utilizar recursos de señalización, como los encabezados y el resaltado, para facilitar el escaneo visual y la identificación del fragmento relevante (Lemarié et al., 2008^[44]). El conocimiento de la función de los señalizadores textuales y su utilización al escanear un texto son característicos de los lectores más competentes (Garner et al., 1986^[45]; Potocki et al., 2017^[46]).

Los procesos de búsqueda y localización realizados por los lectores impregnan todo el ciclo de lectura, desde la decisión inicial sobre el texto o fragmento en el que quieren centrarse, hasta su evaluación tras la lectura sobre si el fragmento contribuye a alcanzar sus objetivos (véase más adelante, «Evaluar y reflexionar»).

Comprensión

Un gran número de actividades de lectura implican el análisis sintáctico y la integración de uno o varios fragmentos extensos del texto para formar una representación completa de lo que trata. Las teorías cognitivas sobre la comprensión del texto suelen distinguir dos niveles de representación (Kintsch, 1998^[32]): una representación del contenido literal del texto (comprensión literal), y una representación que integra el contenido literal con los conocimientos previos del lector mediante procesos de mapeo e inferencia —comprensión inferencial o «modelo de situación»; (McNamara y Magliano, 2009^[47]; Zwaan y Singer, 2003^[48])—. Además, las teorías de la comprensión de textos múltiples (Perfetti, Rouet y Britt,

1999^[49]; Britt y Rouet, 2012^[50]) consideran que la comprensión del texto a veces incluye una representación de las características de la fuente junto con los contenidos respectivos.

La comprensión literal requiere que los lectores comprendan el significado de las palabras escritas (por ejemplo, «el gatito») y de las proposiciones semánticas (es decir, pequeños grupos de palabras que suelen contener un sustantivo y un verbo, un adverbio o un adjetivo, como «el gatito está durmiendo»). A continuación, las proposiciones se organizan en jerarquías que corresponden a una o varias frases (Kintsch y van Dijk, 1978^[51]). Las tareas de comprensión literal implican una correspondencia directa o de paráfrasis entre la pregunta y la información objetivo dentro de un fragmento (p ej., «¿qué está haciendo el gatito?»). El lector puede necesitar jerarquizar o condensar la información a nivel local para responder a las preguntas de comprensión literal. Las tareas que requieren la integración de fragmentos enteros del texto, como la identificación de la idea principal, el resumen o el título, no se consideran comprensión literal, sino inferencial.

La comprensión inferencial es el resultado de la integración por parte de los lectores de la información del texto con sus conocimientos previos. El resultado suele denominarse «modelo de situación» o «representación textual integrada». Las representaciones textuales integradas pueden basarse en oraciones, pero también en párrafos o incluso en fragmentos extensos de texto. A medida que los lectores avanzan por varias oraciones y párrafos, necesitan generar varios tipos de inferencias que van desde simples inferencias de conexión (como la resolución de la anáfora) hasta relaciones de coherencia más complejas (por ejemplo, vínculos espaciales, temporales, causales o de afirmación-argumento). A veces la inferencia conecta varias partes del texto; en otros casos, la inferencia es necesaria para conectar la pregunta y un segmento del texto. Por último, la producción de inferencias también es necesaria en las tareas en las que se pide al lector que identifique una idea principal implícita, para elaborar un resumen o un título de un fragmento determinado.

Comprensión inferencial de textos múltiples. Cuando los lectores se enfrentan a más de un texto, la integración y la generación de inferencias pueden basarse en fragmentos de información situados en diferentes textos (Perfetti, Rouet y Britt, 1999^[49]). La integración de la información entre textos plantea un problema específico cuando los textos proporcionan información inconsistente o contradictoria. En esos casos, los lectores deben implicarse en procesos de evaluación para reconocer y gestionar el problema (Bråten, Strømsøy y Britt, 2009^[33]; Stadler y Bromme, 2014^[52]).

Evaluación

Los lectores competentes pueden evaluar de manera crítica la calidad de la información de un texto, incluso cuando la tarea no requiere explícitamente dicha evaluación. La importancia de la evaluación como parte de la comprensión lectora ha aumentado con la cantidad y la heterogeneidad de información escrita a la que se enfrentan los lectores. Las personas adultas lectoras deben ser capaces de evaluar para protegerse de la desinformación y la propaganda y dar sentido a la información en conflicto, como las controversias políticas o científicas. La evaluación puede basarse en prestar atención y valorar la precisión, la solidez y la relevancia de la tarea de un texto. Estas evaluaciones pueden centrarse en el contenido o en la fuente de un texto. La evaluación de las fuentes desempeña un papel fundamental cuando se evalúa la información procedente de múltiples textos, que a veces proporcionan información discrepante o contradictoria (Bråten et al., 2011^[53]; Leu et al., 2015^[54]; Rouet y Britt, 2014^[55]; Stadler y Bromme, 2014^[52]; Stadler et al., 2013^[56]). La gestión de este conflicto puede requerir que los lectores asignen afirmaciones discrepantes a sus respectivas fuentes y evalúen la credibilidad de las fuentes o la verosimilitud de las afirmaciones (exactitud); que evalúen la pertinencia del apoyo o las pruebas aportadas a las afirmaciones discrepantes (relevancia); que evalúen la exhaustividad de las perspectivas aportadas y la información de aquellas que son posibles (suficiencia); y que coordinen estos resultados para establecer un criterio propio a la hora de tomar una decisión sobre dicho conflicto.

Evaluación de la exactitud. La información que se transmite en los textos escritos puede ser más o menos precisa, desde hechos consensuados hasta información intencionalmente falsa. Incluso los sitios web que divulgan información científica suelen contener información imprecisa o errónea (Allen et al., 1999^[57]). La evaluación de la exactitud de las afirmaciones y declaraciones puede basarse en el contenido o en la fuente del texto. La evaluación del contenido incluye la validación con respecto a las propias creencias y conocimientos (¿es cierta la afirmación? ¿Es verosímil? ¿Qué información se presenta para apoyar la afirmación?) (Richter, Schroeder y Wöhrmann, 2009^[58]). Los lectores también pueden evaluar la exactitud de forma indirecta, identificando y valorando la fuente de la información (procedencia) (Britt y Aglinskas, 2002^[59]; Wineburg, 1991^[60]). Por ejemplo, el lector puede preguntarse si el autor es competente, benévolo y si está bien informado. Al leer informaciones procedentes de la web, los lectores también pueden comprobar si la información ofrecida se sometió a algún tipo de control editorial antes de su publicación, por ejemplo: instituciones académicas, periodismo profesional frente a blogs o sitios web personales, etc.

Cuando se trata de información contradictoria, los lectores tienen que ser capaces de asignar afirmaciones contradictorias a diferentes fuentes y utilizar la credibilidad de dichas fuentes para evaluar la calidad de la información (Bråten, Strømsø y Britt, 2009^[33]; Stadler y Bromme, 2014^[52]). Los lectores de textos múltiples también pueden evaluar la exactitud comparando la información entre diferentes fuentes, por ejemplo, mediante la corroboración (Britt y Aglinskas, 2002^[59]; Wineburg, 1991^[60]).

Evaluación de la solidez. El lector moderno tiene que enfrentarse a textos que se mueven dentro de una escala de calidad interna o solidez (Magliano et al., 2017^[61]). En este marco, la solidez abarca dos características del discurso, concretamente, la integridad y la consistencia interna (Blair y Johnson, 1987^[62]). Los lectores tienen que identificar la integridad del conjunto de hechos o pruebas que se presentan e identificar aquello que no se tiene en cuenta ni se considera. Los lectores también tienen que identificar las perspectivas que se presentan en un texto y evaluar si se representan todas las perspectivas importantes. También pueden tener que reconocer los sesgos que encuentren en el texto. La evaluación del sesgo puede basarse en el lenguaje (si el texto utiliza un lenguaje neutral y fáctico o más bien colorido y evaluativo), o en la fuente del texto, es decir: interpretar, explicar o resolver los diferentes sesgos del autor que puedan afectar a la suficiencia del texto).

Al evaluar la consistencia interna, los lectores deben identificar la estructura de un texto (por ejemplo, persuadir, informar), y evaluar la calidad de la información para lograr ese objetivo (por ejemplo, relaciones justificadas o sólidas entre las afirmaciones y las razones o relaciones razonables entre causa y efecto). ¿Proporciona el autor el tipo de información que se espera dada la organización estructural del texto? ¿Cuál es la calidad de esa información para lograr el objetivo del texto? La evaluación de la coherencia interna puede ser especialmente difícil en el caso de los textos argumentativos (aquellos que intentan convencer a los lectores de que acepten una proposición o afirmación presentando motivos de apoyo; (Galotti, 1989^[63]) porque la coherencia no puede determinarse mediante la lógica formal (Toulmin, 1958^[64]).

Cuando los lectores se enfrentan a múltiples textos que se contradicen entre sí, deben ser conscientes del problema, comprender de dónde proceden (por ejemplo, textos que informan de hechos discrepantes o que proponen interpretaciones discrepantes) y encontrar formas de resolver el problema (Britt y Rouet, 2012^[50]; Stadler y Bromme, 2014^[52]).

Evaluación de la relevancia de la tarea. Como ya se ha comentado en el apartado «Acceso al texto», la evaluación de la relevancia de la tarea tiene lugar a lo largo de todo el proceso de lectura, desde el intento del lector de localizar un texto o fragmento de interés, hasta la evaluación posterior a la lectura de si el texto o fragmento que ha leído le ha resultado útil (es decir, la evaluación de la relevancia de la tarea posterior a la lectura); (Rieh, 2002^[65]). Al evaluar la relevancia de la tarea después de leer un fragmento, los lectores deben reconsiderar la tarea o la pregunta utilizando un esquema activado para entender lo que se pide y cómo alcanzar los objetivos fijados (Britt, Rouet y Durik, 2018^[9]; Rouet, Britt y Durik, 2017^[66]). A continuación, deben evaluar si un texto que acaban de leer contribuye a alcanzar los objetivos.

La investigación considera que hay dos vías principales para evaluar la relevancia de la tarea. Una consiste en evaluar el contenido del texto, la otra consiste en evaluar la fuente (es decir, la persona o la organización responsable de la autoría y la difusión del texto). Tanto la evaluación del contenido como la de la fuente pueden centrarse en la exactitud, la solidez o la relevancia de la tarea (Tabla 2.2). Por ejemplo, un profano puede darse cuenta de que el texto procede de un medio especializado (por ejemplo, una revista o institución académica) y que el nivel de lenguaje y los detalles no se adaptan a sus objetivos y conocimientos previos. Es importante destacar que la evaluación de la relevancia de la tarea requiere que los lectores de la tarea interpreten la tarea o la pregunta utilizando un esquema activado para entender lo que se pide y cómo lograr los objetivos (Britt, Rouet y Durik, 2018^[9]).

La evaluación en lectura de PIAAC debe incluir tareas que contengan textos múltiples, posiblemente discrepantes, y una serie de preguntas que evalúen cada uno de los procesos.

Tabla 2.2. Resumen de los diferentes tipos de procesos de evaluación

	Exactitud	Solidez	Relevancia de la tarea
Evaluación del contenido	Verosimilitud Calidad de las pruebas	Integridad de los hechos o perspectivas; sesgo en la explicación o interpretación Consistencia interna	Contribución a los objetivos de lectura
Evaluación de la fuente	Competencia del autor, sesgo, control editorial	Intereses explícitos o encubiertos del autor	Adecuación del tipo de texto con respecto a los objetivos y capacidades de cada persona

Reflexionar sobre la intención, el propósito y la eficacia del autor. Al evaluar los textos, los lectores deben ser conscientes de la intención o el propósito del autor al escribir. Entre los propósitos del autor se incluye entretener, informar, explicar o describir, o persuadir. Por lo general, los propósitos del autor tienen que deducirse de la estructura y la forma del texto, aunque a veces se declaran explícitamente, por ejemplo, en un prólogo, un resumen o en un texto aparte, como un artículo de la editorial o una entrevista con un periodista. Los lectores también pueden deducir los propósitos de los autores al adquirir información sobre la opinión, las creencias, la actitud, la suposición o el sesgo del autor.

Además de identificar el propósito y el punto de vista del autor, el lector puede evaluar la forma en que este transmitió sus ideas y si fue eficaz. La estructura del texto, así como el tono, la elección de las palabras y el estilo de escritura, pueden dar pistas sobre el propósito y la perspectiva del autor. En el contexto del estudio de la competencia lectora de PIAAC, «Reflexionar» representa tareas en las que se pregunta explícitamente al lector sobre las intenciones, los propósitos o la eficacia de los autores.

Dado que el manejo de los conflictos surgidos entre textos incluye todos los aspectos de la evaluación y la reflexión, es importante incluir unidades que contengan textos múltiples y discrepantes para evaluar hasta qué punto la población adulta puede hacer frente a los desafíos que implican las situaciones de lectura contemporáneas.

Textos

Los textos son vehículos que transmiten las ideas, creencias e intenciones de sus autores. Son artefactos de comunicación anclados en el espacio y el tiempo (Wineburg, 1994^[67]). Todo texto implica una fuente (de dónde procede el texto: autor, fecha, etc.) y un contenido (lo que se dice en el texto). Tanto la información sobre la fuente como la de contenido son importantes para comprender y utilizar los textos (Perfetti, Rouet y Britt, 1999^[49]). Además, con la llegada de la tecnología digital, los lectores no iniciados tienen acceso a una creciente diversidad de materiales textuales. Además de los géneros tradicionales como una novela, un artículo de periódico o una receta de cocina, han aparecido nuevos géneros como los blogs, los foros o los sistemas de mensajería instantánea (por ejemplo, Twitter). Asimismo, los tipos de

textos suelen presentarse combinados, como cuando los lectores reaccionan a un artículo en línea u ofrecen sus versiones de una receta de cocina. La abundancia de géneros textuales representa nuevas oportunidades, pero también nuevos retos para los lectores contemporáneos. Del mismo modo, los lectores se enfrentan cada vez más a múltiples textos que a lo mejor tienen que leer en paralelo para conseguir su objetivo. Por ejemplo, una persona que busca consejo sobre un tema de salud puede buscar en un foro de Internet y leer varios mensajes publicados por diferentes personas. Luego, la persona puede acudir a la página web de un hospital para buscar más información, y así sucesivamente. Por lo tanto, la comprensión de textos en la actualidad implica la capacidad de dar sentido a conjuntos de textos múltiples y a veces heterogéneos.

En este contexto, garantizar la cobertura del dominio de lectura es un reto, ya que no existe una categorización universal de los tipos de texto, géneros y formatos. El marco de lectura de PIAAC se basa en una distinción entre textos únicos y múltiples (según la definición de una fuente distinta). Además, el marco depende de las distinciones realizadas en evaluaciones anteriores, como los tipos de texto (por ejemplo, narración, descripción), el formato del texto (es decir, textos continuos frente a no continuos) y la presencia de recursos organizativos que permiten a los lectores navegar por el interior y a través de los textos.

Tipos de texto

Los tipos de texto describen la diversidad de textos como representaciones prototípicas del mundo y de los actos comunicativos. Los tipos de texto más frecuentes son la descripción, la narración, la exposición, la argumentación, la instrucción y la transacción. Los textos naturalistas suelen ser difíciles de clasificar, ya que tienden a ser transversales a estas categorías prototípicas. Por ejemplo, un artículo periodístico puede comenzar con una historia concreta (narración), para después incluir algunas definiciones y contexto (explicación) y un análisis crítico (argumentación). No obstante, es útil clasificar los textos según su tipo, basándose en las características predominantes del mismo, para garantizar que el instrumento muestre una variedad de textos que representen diferentes tipos de lectura. La clasificación de los textos utilizada en la evaluación de la lectura de PIAAC está tomada de la utilizada en las anteriores evaluaciones de PIAAC y PISA.

La descripción es el tipo de texto en el que la información se refiere a las propiedades de los objetos en el espacio. Los textos descriptivos están pensados sobre todo para responder a preguntas del tipo «¿qué...?» o «¿cómo...?». Las descripciones pueden adoptar varias formas. Las descripciones impresionistas presentan la información desde un punto de vista subjetivo que refleja las impresiones del espectador sobre los elementos, las relaciones, las cualidades y las direcciones en el espacio. Las descripciones técnicas presentan la información desde un punto de vista más objetivo e independiente del punto de vista. A menudo, las descripciones técnicas utilizan formatos de texto no continuos, como diagramas e ilustraciones. Algunos ejemplos típicos de descripciones son la representación de un lugar específico en un diario de viaje, en un catálogo, en un mapa geográfico, en un horario de vuelo en línea o la descripción de una característica, de una función o de un proceso en un manual técnico.

La narración es el tipo de texto en el que la información hace referencia a las propiedades de los personajes y los objetos en el tiempo. La narración suele responder a preguntas como «¿qué...?», «¿cuándo...?», «¿cómo...?» o «¿en qué orden...?». El porqué los personajes de las historias se comportan como lo hacen es otra pregunta importante a la que la narración suele responder. La narración puede adoptar diferentes formas. Las narraciones presentan el cambio desde el punto de vista de la selección y el énfasis subjetivos, registrando las acciones y los acontecimientos desde el punto de vista de las impresiones subjetivas en el tiempo. Los informes presentan el cambio desde el punto de vista de un marco situacional objetivo, al registrar acciones y eventos que pueden ser verificados por otros. Las noticias pretenden que los lectores formen su propia opinión sobre los hechos y acontecimientos a partir del relato del periodista. Algunos ejemplos típicos de narraciones son una novela, una biografía, una obra de teatro, un cómic y una crónica

periodística de un acontecimiento.

La exposición es el tipo de texto destinado a comunicar conceptos, fenómenos y otros constructos mentales que implican un conjunto de elementos en interacción. El texto ofrece una explicación de cómo se interrelacionan los distintos elementos en un conjunto significativo y suele responder a preguntas sobre el «cómo» y el «por qué» (refiriéndose a las condiciones propiciatorias y las relaciones causales). Las exposiciones pueden adoptar diversas formas. Los ensayos expositivos ofrecen una explicación sencilla de conceptos, constructos mentales o concepciones desde un punto de vista subjetivo. Las definiciones explican cómo se interrelacionan los términos o nombres con los conceptos mentales. Al mostrar estas interrelaciones, la definición explica el significado de las palabras. Las explicaciones son una forma de exposición analítica que se utiliza para explicar cómo se puede relacionar un concepto con palabras o términos. Las actas son un registro de los resultados de las reuniones o presentaciones. Algunos ejemplos típicos de exposiciones son un ensayo académico sobre el metabolismo del azúcar, un diagrama que muestre un modelo de memoria y un gráfico de tendencias demográficas.

La argumentación es el tipo de texto que presenta afirmaciones fácticas o interpretativas sobre una situación, junto con razones y justificaciones que las apoyan. Los textos argumentativos suelen responder al «por qué» (por ejemplo, «¿por qué sucedió esto?» o «¿por qué deberíamos hacer esto?»), pero también a preguntas como «¿qué pasaría si...?». Una subcategoría importante de los textos argumentativos son los textos persuasivos y de opinión, que engloban opiniones y puntos de vista. Un «comentario» relaciona los conceptos de eventos, objetos e ideas con un sistema particular de pensamientos, valores y creencias. La «argumentación científica» relaciona los conceptos de los acontecimientos, los objetos y las ideas con los sistemas de pensamiento y conocimiento para que las proposiciones resultantes puedan verificarse como válidas o no válidas. Como ejemplos de esta categoría podemos citar un cartel publicitario, los mensajes en un foro en línea y una reseña en la web de un libro o una película.

La instrucción (a veces denominada orden) es el tipo de texto que proporciona indicaciones sobre qué hay que hacer. Las instrucciones presentan indicaciones sobre las acciones necesarias para llevar a cabo una tarea. Las normas, los reglamentos y los estatutos especifican requisitos para determinados comportamientos basados en la autoridad impersonal, como la validez práctica o la autoridad pública. Ejemplos de instrucciones textuales son una receta de cocina, una serie de diagramas que muestran un procedimiento de primeros auxilios y unas directrices para manejar un programa digital.

La transacción representa un texto escrito que sustenta la comunicación interpersonal, como pedir que se haga algo, organizar una reunión o preparar un compromiso social con un amigo. Antes de que se popularizara la comunicación digital, este tipo de texto era un componente destacado de algunos tipos de cartas y, en su faceta oral, el objetivo principal de muchas llamadas telefónicas. Los textos transaccionales suelen ser de naturaleza personal, más que pública, y esto puede ayudar a explicar por qué no parecen estar representados en algunos de los corpus utilizados para desarrollar muchas tipologías de texto. Con la extrema facilidad de la comunicación personal mediante el correo electrónico, los mensajes de texto, los blogs y las redes sociales, este tipo de texto ha cobrado mucha más importancia como tipo de texto de lectura en los últimos años. Los textos transaccionales suelen basarse en conocimientos comunes y posiblemente privados entre los comunicadores, aunque es evidente que esta característica es difícil de explorar en una evaluación a gran escala. Ejemplos de objetos de texto transaccionales son el correo electrónico cotidiano y los intercambios de mensajes de texto entre colegas o amigos que proponen y confirman planes.

Formato de texto: Textos continuos, no continuos y mixtos

La piedra angular de los textos son las palabras escritas, que pueden organizarse según las reglas de la sintaxis, la coherencia y la cohesión, pero también según dimensiones espaciales, como en las listas, las tablas y los gráficos. En el marco de lectura de PIAAC, los textos continuos se definen como secuencias

de frases y párrafos. Estos pueden encajar en estructuras aún más grandes, como secciones, capítulos y libros. Los textos no continuos se definen como palabras, frases o pasajes organizados en formato de lista o matriz (Kirsch y Mosenthal, 1990^[68]).

Tanto en el entorno impreso como en el digital, los textos escritos suelen ir asociados a representaciones no verbales, como gráficos e imágenes. La evaluación de PIAAC no se centra en estas representaciones *per se*, aunque algunas tareas pueden implicar el uso de texto en combinación con gráficos o imágenes.

El marco de lectura de PIAAC también tiene en cuenta los textos mixtos, que incluyen componentes continuos y no continuos. En los textos mixtos bien contruidos, los componentes (por ejemplo, una explicación que incluya un gráfico o una tabla) se apoyan mutuamente mediante vínculos de coherencia y cohesión a nivel local y global. El texto mixto es un formato habitual en revistas, libros de consulta e informes, en los que los autores emplean diversas presentaciones para comunicar la información. En los textos digitales, las páginas web de autor suelen ser textos mixtos, con combinaciones de listas, párrafos de prosa y, a menudo, gráficos. Los textos basados en mensajes, como los formularios en línea, los mensajes de correo electrónico y los foros, también combinan textos de formato continuo y no continuo.

Organización del texto: Diseño, representación de contenidos y dispositivos de acceso

Los textos naturalísticos oscilan entre unas pocas líneas y varios cientos de páginas. Los textos pueden incluir una serie de elementos destinados a representar el contenido y facilitar el acceso a los fragmentos de interés, en función de su extensión y finalidad.

La organización se pone de manifiesto sobre todo a través del de las frases y los textos, junto con el uso de diferentes tamaños y tipos de letra, como la cursiva y la negrita o bordes y dibujos. Los distintos tipos de marcadores del discurso también proporcionan información sobre la organización de las ideas en el texto. Por ejemplo, los marcadores de ordenación (primero, segundo, tercero, etc.), señalan la relación de cada una de las unidades introducidas entre sí e indican cómo se relacionan las unidades con el texto circundante más amplio. Los conectores causales (por lo tanto, por este motivo, ya que, etc.) establecen relaciones de causa-efecto entre las partes de un texto.

Los textos más extensos suelen ir acompañados de títulos, encabezados, párrafos y secciones. Estos marcadores también proporcionan pistas sobre los límites del texto (con espacio y un nuevo encabezado que muestra la finalización de la sección, por ejemplo). Por otra parte, los textos de mayor extensión están organizados en capítulos e incluyen una tabla de contenidos y uno o varios índices. El uso consciente de estos recursos por parte de los lectores es fundamental para su eficacia a la hora de leer textos con fines específicos (Goldman y Rakestraw Jr., 2000^[69]).

Los textos digitales también cuentan con una serie de herramientas que permiten al usuario acceder a pasajes concretos y visualizarlos. Algunas de estas herramientas son idénticas a las que se encuentran en los textos impresos (por ejemplo, los encabezados), mientras que otras son más específicas del medio electrónico. Como ejemplos podemos incluir las ventanas, las barras de desplazamiento, las pestañas, e incluso los hipervínculos incorporados. Cada vez hay más evidencias de que los procesos implicados en la lectura de textos impresos y de textos digitales son diferentes, en parte debido a las diferencias en los formatos de presentación y las herramientas de navegación (Delgado et al., 2018^[19]; Naumann, 2015^[70]; OCDE, 2011^[71]). Por lo tanto, es importante evaluar la capacidad de los lectores para enfrentarse a textos que presentan una diversidad de representaciones de contenido y herramientas de navegación.

La evaluación de la competencia lectora de PIAAC utilizará textos que varían en un continuo según la extensión (es decir, una sola página frente a múltiples páginas), y también según la diversidad y la densidad de la representación del contenido y los dispositivos de acceso empleados.

Fuente: Textos simples o múltiples

Como se ha mencionado en la introducción de esta sección, un texto se define por su fuente y su contenido. El marco de lectura de PIAAC define los textos únicos como textos que se originan en una única fuente, es decir, un autor, un medio de publicación y una fecha de publicación —no se discutirán aquí otros aspectos del concepto complejo de «fuente»; véase (Britt et al., 1999^[72]), para un análisis más detallado del concepto—. Los textos múltiples se definen por tener diferentes autores, o por haber sido publicados a través de diferentes canales o en diferentes momentos.

Es importante señalar que, en este marco, la distinción entre textos únicos y múltiples es, en principio, independiente de la cantidad de información contenida en los textos. Un texto puede ser tan corto como una sola frase y tan extenso como un libro entero o un sitio web, siempre que tenga un único autor (o grupo de autores), un medio de publicación y una fecha. Por el contrario, los textos múltiples pueden adoptar la forma de una serie de fragmentos breves; por ejemplo, en un foro web en el que diferentes personas publican mensajes en momentos distintos. Un mismo texto también puede aludir a fuentes externas, es decir, a referencias a varios autores o textos (Rouet y Britt, 2014^[55]; Strømsø et al., 2013^[73]).

Los elementos de un conjunto de textos múltiples pueden tener diferentes relaciones entre sí. Algunos textos pueden corroborar, completar, apoyar o aportar pruebas para textos diferentes, mientras que otros pueden discrepar, contradecir o contraponerse frente a textos adicionales. La representación cognitiva de los lectores de una serie de textos junto con sus respectivas fuentes y la red de relaciones intertextuales se ha denominado «modelo de documentos» (Perfetti, Rouet y Britt, 1999^[49]).

La Tabla 2.3 resume los aspectos de los textos que se tienen en cuenta en el marco de lectura de PIAAC.

Tabla 2.3. Principales dimensiones de los textos consideradas en el marco de lectura de PIAAC

Dimensión	Niveles
Tipo de texto	Descripción, narración, exposición, argumentación, instrucción, transacción
Formato de texto	Continuo, no continuo, mixto
Organización del texto	Dimensión continua que implica la cantidad de información (número de páginas) y la densidad de representación de contenidos y dispositivos de acceso
Fuente	Textos únicos o múltiples

Contextos sociales

1) La lectura impregna todos los ámbitos de la vida del individuo. Las actividades de lectura normalmente se ubican en una situación social y pueden servir para diversos fines, desde los personales hasta los profesionales y cívicos. Tanto la motivación para leer como la interpretación del contenido pueden verse afectadas por el contexto. En consecuencia, el marco de lectura en PIAAC define tres tipos principales de contextos que estarán representados en la evaluación:

- a) Trabajo y ocupación. Los textos escritos desempeñan un papel importante en una amplia variedad de profesiones. En un contexto ocupacional, los textos se usan para la búsqueda de empleo, las finanzas y para desempeñar el propio trabajo (es decir, reglamentos, organización, instrucciones de seguridad, etc.). Sin embargo, los materiales utilizados en la evaluación de lectura de PIAAC no incluyen textos especializados de ninguna profesión, ya que obviamente, se plantearía un problema en relación con los conocimientos previos necesarios.
- b) Uso personal. La lectura también es importante para fines personales. Muchas personas adultas deben implicarse en la lectura cuando participan en relaciones interpersonales,

finanzas personales, vivienda y seguros. También se utiliza cada vez más material escrito para tratar temas de salud y seguridad (por ejemplo, prevención y tratamiento de enfermedades, seguridad y prevención de accidentes, primeros auxilios y mantener una vida saludable). Las personas adultas también utilizan los textos en relación con sus hábitos de consumo: el crédito y las operaciones bancarias, los ahorros y la publicidad, la realización de compras y el mantenimiento de las propiedades personales. Por último, los textos son importantes a la hora de organizar el ocio y tiempo libre, como los viajes, los restaurantes y el material leído para el desarrollo de actividades recreativas en sí (juegos, etc.).

- c) Contextos sociales y cívicos. Por último, la competencia lectora es esencial para la participación de la población adulta en la vida social y cívica. En los ámbitos comunitarios y de ciudadanía se incluyen materiales sobre recursos comunitarios, servicios públicos y sobre cómo mantenerse informado. La educación y la formación incluyen materiales que se ocupan de las oportunidades para seguir aprendiendo.

Evaluar la competencia lectora

Organización general de las tareas de competencia lectora

El constructo de lectura incluye aquello que los lectores pueden hacer con los textos y también lo que comprenden y recuerdan de los mismos. Esto justifica el diseño de situaciones de prueba diagnóstica en las que se puede pedir a las personas evaluadas que completen tareas con el texto disponible o, tras su lectura, basándose en su memoria para retener la información. Algunas investigaciones sugieren que las respuestas a las preguntas posteriores de comprensión con o sin acceso al texto se fundamentan parcialmente en procesos mentales distintos. Además, las tareas de evaluación sin acceso al texto podrían ser más sensibles a la calidad de los procesos de lectura y menos dependientes de la motivación del lector y de las estrategias de realización de la prueba (Ozuru et al., 2007^[74]; Schroeder, 2011^[75]). Sin embargo, la evaluación de la competencia lectora en PIAAC se centra en lo que la persona adulta puede hacer con los textos y, por lo tanto, se basa en escenarios que incluyen preguntas y uno o varios textos a los que se puede acceder durante toda la tarea. Se podría decir que este es el escenario más común en los usos diarios de la población adulta de los textos (White, Chen y Forsyth, 2010^[7]).

La evaluación de lectura en PIAAC se basa en unidades de evaluación en las que se pide a los participantes que utilicen uno o varios textos para responder a una serie de preguntas. Normalmente, una breve introducción proporciona un determinado contexto y aporta motivación a la unidad. Cada pregunta desencadena uno de los procesos básicos definidos en el marco (véase la sección sobre las exigencias de las tareas cognitivas). Las preguntas se presentan de manera individual en un formato en bloques para disminuir la influencia de las estrategias para la realización de la prueba y reducir la variación en el tiempo de ejecución de la misma.

Los textos utilizados como estímulo se corresponden con los que las personas evaluadas pueden encontrar en la vida real. Muchos de ellos se han extraído directamente de materiales auténticos sin apenas adaptación. Esto significa que no se ha hecho ningún esfuerzo para facilitar la lectura de estos textos ni para mejorar su organización o presentación. El uso de textos originales y sin editar, a veces incluso claramente mejorables (por ejemplo, mal organizados o con un lenguaje complejo), garantiza un alto nivel de validez aparente. Sin embargo, no se añade ninguna dificultad o defecto artificial en el momento de diseñar la prueba.

Formatos de respuesta

Las preguntas pueden diseñarse utilizando una amplia variedad de formatos de respuesta. Por ejemplo,

algunos de los tipos más comunes son: las respuestas construidas (abiertas), las afirmaciones verdadero-falso, las opciones múltiples o las respuestas que consisten en rellenar un espacio en blanco o subrayar un fragmento del texto. La realización de pruebas mediante ordenador también permite otros modos de respuesta, como el de «arrastrar y soltar». La forma en que se recogen las respuestas —el formato de la respuesta— varía en función de lo que se considere apropiado dado el tipo de pruebas que se recopilan, y también en función de las limitaciones pragmáticas de una evaluación a gran escala.

Los formatos de respuesta pueden implicar exigencias sobre procesos cognitivos específicos. Por ejemplo, las preguntas de comprensión de opción múltiple suelen depender de las competencias de decodificación porque los lectores tienen que decodificar los distractores o ítems, en comparación con las preguntas de respuesta abierta (Cain y Oakhill, 2006^[76]; Ozuru et al., 2007^[74]). Por el contrario, las respuestas construidas repercuten en la producción escrita en similar medida que en la capacidad de comprensión. Varios estudios sugieren que el formato de respuesta tiene un efecto importante en el desempeño de diferentes grupos (Grisay y Monseur, 2007^[77]; Schwabe, McElvany y Trendtel, 2015^[78]). Por último, los participantes de diferentes países pueden estar más o menos familiarizados con los distintos formatos de respuesta. En consecuencia, se recomienda el uso de varios formatos de respuesta para asegurar la precisión y reducir los posibles sesgos. Sin embargo, en consonancia con las directrices generales del Ciclo 2 de PIAAC, la evaluación de lectura no incluirá ninguna respuesta construida. Además de eliminar la necesidad de la corrección humana, se reduce la confusión entre competencias de comprensión y producción escrita.

Diseño adaptativo de pruebas

El desarrollo de una evaluación en soporte informático en PIAAC crea la oportunidad de implementar pruebas adaptativas. Las pruebas adaptativas permiten un mayor nivel de precisión en los cálculos al emplearse menos preguntas por participante. Esto se consigue dirigiendo más preguntas que se ajustan al rango de habilidades de los participantes en diferentes puntos de distribución en la escala de rendimiento.

Las pruebas adaptativas tienen el potencial de aumentar la resolución y la precisión de la evaluación, sobre todo en el nivel inferior de la escala de rendimiento. Por ejemplo, los participantes que tienen un rendimiento bajo en las preguntas que evalúan su facilidad y eficiencia de lectura (por ejemplo, la fluidez de la lectura), probablemente tendrán dificultades en las preguntas con textos múltiples de alta complejidad. Por lo tanto, sería beneficioso proporcionar textos adicionales de nivel inferior para optimizar la evaluación de aspectos específicos de las habilidades de comprensión.

Distribución recomendada de las preguntas

El Grupo de expertos de lectura en PIAAC recomienda la siguiente distribución de preguntas a partir de una tipología de exigencias de la tarea cognitiva, del tamaño del texto y de los contextos.

Distribución recomendada según las exigencias de la tarea cognitiva y el número de fuentes

La base para la distribución recomendada según las exigencias de la tarea cognitiva es la siguiente: un número considerable de preguntas (45 %), debe implicar la comprensión del texto, tanto comprensión literal como inferencial, ya que ambas se consideran procesos centrales presentes en la mayoría de las actividades de lectura, si no en todas. Debido a su creciente importancia en los entornos digitales, la categoría «acceso» (que implica la identificación de textos en una serie y la localización de información dentro de los textos) también debería estar ampliamente representada (35 %). Por último, alrededor del 20 % de las tareas deben incluir un tipo de evaluación o reflexión sobre el texto.

Por lo que respecta al tamaño del texto, la mayoría de las tareas (60 %), consistirán en textos presentados en una sola página, con la idea de que algunos de ellos deben ser lo suficientemente sencillos como para describir niveles básicos de competencia lectora. Algunos de estos textos breves pueden tener varias fuentes (como, por ejemplo, una serie de mensajes cortos en una página de un foro web). Sin embargo, reconociendo que los lectores se enfrentan con mayor frecuencia a textos distribuidos en varias páginas (ya sea de una o de varias fuentes), la prueba también incluirá unidades de varias páginas. Se espera que las tareas centradas en el proceso de «comprensión» estén proporcionalmente más representadas en las unidades de una sola página, mientras que las tareas de «acceso» y «evaluación» deberían ser más frecuentes en las unidades de varias páginas.

La Tabla 2.4 presenta la distribución recomendada de las preguntas en función de la extensión del texto (es decir, páginas individuales frente a múltiples) y de la exigencia de la tarea cognitiva.

Tabla 2.4. Distribución recomendada de las preguntas en función del tamaño del texto y de las exigencias de la tarea cognitiva

Exigencias de las tareas cognitivas	Una sola página	Varias páginas	Total
Acceso	20 %	15 %	35 %
Comprender	30 %	15 %	45 %
Evaluar	10 %	10 %	20 %
Total	60 %	40 %	100 %

Además, se recomienda que la mayoría de las unidades de prueba (objetivo: 60 %) incluyan textos procedentes de una sola fuente.

Distribución recomendada según el contexto

El hecho de que haya una amplia variedad de tareas extraídas de contextos realísticos pretende ayudar a garantizar que ningún grupo de personas evaluadas se vea favorecido o desfavorecido por su familiaridad o interés en un contexto concreto. El porcentaje de tareas recomendado para los contextos laboral, personal, comunitario y educativo es del 15 %, 40 %, 30 % y 15 %, respectivamente.

Distribución en otras dimensiones relevantes

Más allá de la recomendación general de garantizar una amplia diversidad y una representación de tantos tipos como sea posible, no se hace ninguna recomendación específica relativa a la distribución de las tareas entre las dimensiones relacionadas con los tipos de texto o los formatos de respuesta.

La labor de la fluidez lectora, el compromiso y la metacognición

La fluidez lectora puede definirse como la capacidad individual para leer de forma eficiente palabras, frases y textos relacionados (Kuhn y Stahl, 2003^[79]), es decir, con rapidez y precisión. Los lectores fluidos dominan los procesos básicos de lectura que consisten en reconocer las palabras escritas, asignarles un significado y establecer un significado coherente de la frase mediante el análisis sintáctico y la integración semántica. Lo hacen sin utilizar una gran cantidad de memoria de trabajo y recursos de atención (LaBerge y Samuels, 1974^[80]; Perfetti, 1985^[11]). Por lo tanto, los lectores fluidos tienen más recursos cognitivos disponibles para invertir en procesos de comprensión de un nivel mayor, como las inferencias y las estrategias de lectura (Walczyk et al., 2004^[81]). Entre los lectores con dificultades, en comparación con los lectores fluidos, la asignación diferencial de recursos mentales a los procesos de bajo nivel frente a los de

alto nivel explica la fuerte relación entre la lectura fluida y los resultados de comprensión del texto encontrados en muchos estudios y en todos los grupos de edad, desde la educación primaria hasta los lectores adultos (García y Cain, 2014^[82]; Klauda y Guthrie, 2008^[83]; Richter et al., 2013^[84]).

Para optimizar la evaluación de la fluidez lectora, en el Ciclo 2 de PIAAC se volverá a incluir la medida de las competencias a través de los componentes de lectura. Las tareas para la evaluación de los componentes están diseñadas para ampliar nuestra comprensión de las habilidades de lectura básicas subyacentes a los niveles de rendimiento. Estas tareas ayudan a describir lo que pueden hacer las personas adultas con niveles de alfabetización reducida y, por tanto, constituyen una base para el aprendizaje, la enseñanza y las políticas en materia educativa encaminadas a ayudar a la población adulta poco alfabetizada a alcanzar niveles de rendimiento más altos en lectura (Sabatini y Bruce, 2009^[85]). Para dar respuesta a la exigencia de la OCDE de que los resultados de la evaluación de los componentes sean generales para el conjunto de la población, las tareas de los mismos se asignarán a una submuestra representativa de todos los individuos que realicen la evaluación completa de lectura.

La evaluación de los componentes de lectura incluirá dos conjuntos de tareas que ya se administraron en el primer ciclo de PIAAC. El primer grupo se centra en la capacidad de procesar el significado a nivel oracional. Asimismo, se mostrará a las personas evaluadas una serie de oraciones, que van aumentando en complejidad, y se les pedirá que identifiquen si la oración tiene o no sentido según las propiedades del mundo real o según la lógica interna de la oración. El segundo conjunto de tareas se centra en la comprensión de fragmentos. Para estas tareas, se les pide que lean fragmentos en los que, en determinados momentos, deben seleccionar una palabra de entre dos opciones facilitadas para que el texto tenga sentido —véanse ejemplos de tareas en (OCDE, 2019^[86])—.

Dado que el Ciclo 2 de PIAAC se aplica con tabletas electrónicas, será posible registrar con precisión tanto la exactitud, como los tiempos de respuesta en las tareas de los componentes. De este modo, los datos de exactitud en las tareas de verificación de oraciones y comprensión de fragmentos servirán como indicadores del dominio de los procesos básicos de comprensión lectora. Dichos datos se incluirán en la escala de ítems de evaluación de lectura en PIAAC, lo que aumentará la precisión de la medida en el rango inferior de la escala. Además, los tiempos de respuesta servirán como indicador de la fluidez en los procesos básicos de lectura, lo que permitirá a los investigadores explorar su posible contribución al dominio de las tareas de competencia lectora más complejas en la evaluación de PIAAC.

El concepto de compromiso con la práctica lectora se refiere al grado de importancia que el individuo concede a la lectura y a la medida en que esta desempeña un papel en su vida diaria. Los estudios empíricos realizados con población infantil y adulta han demostrado que las diferencias en el compromiso con la lectura están sistemáticamente relacionadas con las diferencias de rendimiento observadas en las evaluaciones. En concreto, los estudios con diferentes grupos de edad aportan pruebas de una espiral causal ascendente: los lectores más competentes leerán más y la exposición a los textos impresos promoverá su desarrollo lector y conducirá a una mayor competencia (Guthrie y Wigfield, 2000^[87]; Mol y Bus, 2011^[88]). El concepto de compromiso abarca aspectos objetivos, como la cantidad y la diversidad de lecturas que se experimentan en la vida diaria, y también aspectos subjetivos, como el interés por la lectura, la percepción de control sobre la misma y la eficacia lectora. Por medio del cuestionario de antecedentes, la evaluación de lectura de PIAAC recogerá información básica vinculada a aspectos objetivos relativos al compromiso con la lectura.

La metacognición, es decir, la capacidad de un individuo para, monitorizar y controlar los procesos cognitivos, también se considera un aspecto importante de la competencia lectora (Baker, 1989^[89]). Sin embargo, debido a limitaciones metodológicas y prácticas, el estudio de la competencia lectora de PIAAC no incluirá ninguna evaluación específica de la metacognición en los procesos de lectura. La metacognición se evaluará, indirectamente, a través de su contribución a las tareas de lectura más complejas que requieren decisiones estratégicas y autorregulación en diferentes grados.

Factores que determinan la dificultad de la tarea

Se espera que la dificultad de las tareas de comprensión lectora dependa de tres series de factores: las características del texto o textos; las características de la pregunta; y la interacción específica entre una pregunta y un texto (o serie de textos).

Además, algunos de estos factores afectan a la dificultad de la tarea con independencia de las exigencias cognitivas específicas que conlleva, mientras que otros factores son específicos de un determinado tipo de dificultad de la tarea. La Tabla 2.5 enumera los principales factores de dificultad del texto, de la tarea y del texto por tarea en general, y luego, más concretamente, de cada tipo de exigencia de tarea cognitiva.

Tabla 2.5. Factores de dificultad del texto, de la tarea y del texto por tarea en función de las exigencias cognitivas

	Factores del texto	Factores de la tarea	Factores de texto por tarea
Factores que afectan a todas las tareas	<p>Los textos más extensos y múltiples suelen ser más difíciles porque aumentan la carga de procesamiento y exigen que los lectores mantengan la atención durante más tiempo. Los textos más extensos también son más propensos a contener información distractora (irrelevante para la tarea). Los textos que tratan de contenidos desconocidos, que utilizan palabras desconocidas y/o una sintaxis u organización complejas también son más difíciles, independientemente de la tarea.</p> <p>Por el contrario, los recursos de representación y señalización del contenido, como los índices, los encabezados, las negritas, los subrayados y las viñetas suelen disminuir la dificultad del texto.</p>	<p>Las tareas que implican una formulación más larga o palabras desconocidas son más propensas a ser olvidadas durante la lectura, lo que requiere que el lector vuelva a leer la pregunta. Es posible que los lectores con bajos niveles de autosupervisión no se den cuenta de que necesitan refrescar la memoria.</p> <p>La falta de orientación explícita sobre qué parte(s) de los materiales debe(n) consultarse aumenta la dificultad de la pregunta, en comparación con las preguntas que incluyen instrucciones sobre dónde buscar la respuesta.</p>	<p>Las tareas que implican una correspondencia directa entre la pregunta y el texto son más fáciles que las que requieren que el lector deduzca la relación entre la pregunta y la parte pertinente del texto.</p> <p>Los textos que contienen una gran cantidad de información distractora (por ejemplo, fragmentos que comparten palabras clave con la pregunta, aunque irrelevantes en cuanto al contenido) son más difíciles que aquellos en los que un solo fragmento está relacionado con la pregunta.</p>
Factores de dificultad para las tareas de «Acceso»	<p>Los textos distribuidos en varias páginas requieren diversas etapas de selección: seleccionar el texto correcto y luego la parte correcta de ese texto. Resulta más difícil buscar en los textos de diversas páginas organizados de forma no lineal y con varios niveles de enlaces, que en los textos organizados linealmente o en forma de jerarquías más superficiales.</p>	<p>Las preguntas que exigen que el lector reúna varios elementos de información dispersa en diversos textos son más difíciles que aquellas que implican un solo elemento de información.</p>	<p>Los textos que contienen organizadores de contenido (por ejemplo, encabezados) que coinciden con el tema de la pregunta son más fácilmente accesibles que aquellos en los que la ubicación de la información permanece implícita.</p>
Factores de dificultad para las tareas de «Comprensión»	<p>Además de los factores generales enumerados anteriormente, los textos con una estructura implícita o desconocida son más difíciles de comprender.</p> <p>En una serie de textos múltiples, la presencia de inconsistencias añade la carga de identificarlas y resolverlas.</p>	<p>Las preguntas que requieren una gran cantidad de información son más difíciles que las que pueden responderse a partir de una sola referencia.</p> <p>Se considera que las inferencias simples y de conexión son más fáciles de realizar que las inferencias de elaboración, ya que estas últimas exigen utilizar conocimientos previos.</p>	<p>Las preguntas de comprensión que requieren que la persona evaluada haga una inferencia basada en la información del texto son más difíciles que las preguntas cuyas respuestas se hallan explícitas en el texto.</p> <p>Las preguntas que exigen que se relacionen varios datos situados en partes distantes del texto (o textos) son más difíciles que aquellas en las que la información relevante está agrupada en una sola sección.</p>

	Factores del texto	Factores de la tarea	Factores de texto por tarea
Factores de dificultad para las tareas de «Evaluación»	<p>Las indicaciones de fuentes desconocidas, incompletas o menos explícitas dificultan la evaluación de la exactitud.</p> <p>Las estructuras argumentales inusuales y los argumentos incompletos son más difíciles de evaluar.</p>	<p>En el caso de los contenidos con los que se está familiarizado, las inexactitudes fácticas son más fáciles de detectar que los errores en la estructura de un argumento (conexión de las afirmaciones y las razones que las sustentan).</p>	<p>Los textos procedentes de fuentes de baja calidad que producen información coincidente con el tema dificultan al lector la evaluación de la relevancia de la información.</p>

Referencias

- Alexander y The Disciplined Reading and Learning Research Laboratory (2012), "Reading into the future: Competence for the 21st century", *Educational Psychologist*, Vol. 47/4, pp. 259-280, <http://dx.doi.org/10.1080/00461520.2012.722511>. [8]
- Allen, E. et al. (1999), "How reliable is science information on the web?", *Nature*, Vol. 402/6763, p. 722, <http://dx.doi.org/10.1038/45370>. [57]
- Baker, L. (1989), "Metacognition, comprehension monitoring, and the adult reader", *Educational Psychology Review*, Vol. 1/1, pp. 3-38, <http://dx.doi.org/10.1007/bf01326548>. [89]
- Blair, J. y R. Johnson (1987), "Argumentation as dialectical", *Argumentation*, Vol. 1/1, pp. 41-56, <http://dx.doi.org/10.1007/bf00127118>. [62]
- Bråten, I. et al. (2011), "The role of epistemic beliefs in the comprehension of multiple expository texts: Toward an integrated model", *Educational Psychologist*, Vol. 46/1, pp. 48-70, <http://dx.doi.org/10.1080/00461520.2011.538647>. [53]
- Bråten, I., H. Strømsø y M. Britt (2009), "Trust matters: Examining the role of source evaluation in students' construction of meaning within and across multiple texts", *Reading Research Quarterly*, Vol. 44/1, pp. 6-28, <http://dx.doi.org/10.1598/rrq.44.1.1>. [33]
- Britt, M. y C. Aglinskis (2002), "Improving students' ability to identify and use source information", *Cognition and Instruction*, Vol. 20/4, pp. 485-522, http://dx.doi.org/10.1207/s1532690xci2004_2. [59]
- Britt, M. y G. Gabrys (2001), "Teaching advanced literacy skills for the World Wide Web", en Wolfe, C. (ed.), *Webs We Weave: Learning and Teaching on the World Wide Web*, Academic Press, Nueva York, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-012761891-3/50007-2>. [21]
- Britt, M. et al. (1999), "Content integration and source separation in learning from multiple texts", en Goldman, S., A. Graesser and P. van den Broek (eds.), *Narrative Comprehension, Causality, and Coherence: Essays in Honor of Tom Trabasso*, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ. [72]
- Britt, M., T. Richter and J. Rouet (2014), "Scientific literacy: The role of goal-directed reading and evaluation in understanding scientific information", *Educational Psychologist*, Vol. 49/2, pp. 104-122, <http://dx.doi.org/10.1080/00461520.2014.916217>. [24]
- Britt, M. y J. Rouet (2012), "Learning with multiple documents: Component skills and their acquisition", en Lawson, M. y J. Kirby (eds.), *Enhancing the Quality of Learning: Dispositions, Instruction, and Learning Processes*, Cambridge University Press. [50]
- Britt, M., J. Rouet and A. Durik (2018), *Literacy beyond Text Comprehension*, Taylor and Francis, Nueva York, <http://dx.doi.org/10.4324/9781315682860>. [9]
- Cain, K. y J. Oakhill (2006), "Assessment matters: Issues in the measurement of reading comprehension", *British Journal of Educational Psychology*, Vol. 76/4, pp. 697-708, <http://dx.doi.org/10.1348/000709905x69807>. [76]
- Dehaene, S. (2009), *Reading in the Brain*, Penguin Viking, Nueva York. [28]
- Delgado, P. et al. (2018), "Don't throw away your printed books: A meta-analysis on the effects of reading media on reading comprehension", *Educational Research Review*, Vol. 25, pp. 23-38, <http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2018.09.003>. [19]
- Dreher, M. y J. Guthrie (1990), "Cognitive processes in textbook chapter search tasks", *Reading Research Quarterly*, Vol. 25/4, pp. 323-339, <http://dx.doi.org/10.2307/747694>. [37]

- Fu, W. y P. Pirolli (2007), "SNIF-ACT: A cognitive model of user navigation on the World Wide Web", *Human-Computer Interaction*, Vol. 22/4, pp. 355-412, <http://dx.doi.org/10.1080/07370020701638806>. [38]
- Galotti, K. (1989), "Approaches to studying formal and everyday reasoning", *Psychological Bulletin*, Vol. 105/3, pp. 331-351, <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.105.3.331>. [63]
- García, J. y K. Cain (2014), "Decoding and reading comprehension: A meta-analysis to identify which reader and assessment characteristics influence the strength of the relationship in English", *Review of Educational Research*, Vol. 84/1, pp. 74-111, <http://dx.doi.org/10.3102/0034654313499616>. [82]
- Garner, R. et al. (1986), "Children's knowledge of structural properties of expository text", *Journal of Experimental Psychology* no. 78, pp. 411-416. [45]
- Goldman, S. (2004), "Cognitive aspects of constructing meaning through and across multiple texts", en Shuart-Ferris, N. y D. Bloome (eds.), *Uses of Intertextuality in Classroom and Educational Research*, Information Age Publishing, Greenwich, CT. [10]
- Goldman, S. y J. Rakestraw Jr. (2000), "Structural aspects of constructing meaning from text", en Kamil, M. et al. (eds.), *Handbook of Reading Research, Volume III*, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ. [69]
- Grisay, A. y C. Monseur (2007), "Measuring the equivalence of item difficulty in the various versions of an international test", *Studies in Educational Evaluation*, Vol. 33/1, pp. 69-86, <http://dx.doi.org/10.1016/j.stueduc.2007.01.006>. [77]
- Guthrie, J. y I. Kirsch (1987), "Distinctions between reading comprehension and locating information in text", *Journal of Educational Psychology*, Vol. 79/3, pp. 220-227, <http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.79.3.220>. [31]
- Guthrie, J. y A. Wigfield (2000), "Engagement and motivation in reading", en Kamil, M. et al. (eds.), *Handbook of Reading Research, Volume III*, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ. [87]
- ITU (2017), *Measuring the Information Society Report 2017*, <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/mis2017.aspx> (accessed on 9.10.2018). [17]
- Kaakinen, J. y J. Hyönä (2014), "Task relevance induces momentary changes in the functional visual field during reading", *Psychological Science*, Vol. 25/2, pp. 626-632, <http://dx.doi.org/10.1177/0956797613512332>. [35]
- Kaakinen, J. y J. Hyönä (2008), "Perspective-driven text comprehension", *Applied Cognitive Psychology*, Vol. 22/3, pp. 319-334, <http://dx.doi.org/10.1002/acp.1412>. [42]
- Kaakinen, J., J. Hyönä and J. Keenan (2003), "How prior knowledge, WMC, and relevance of information affect eye fixations in expository text", *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 29/3, pp. 447-457, <http://dx.doi.org/10.1037/0278-7393.29.3.447>. [36]
- Kintsch, W. (1998), *Comprehension: A Paradigm for Cognition*, Cambridge University Press, Cambridge, MA. [32]
- Kintsch, W. y T. van Dijk (1978), "Toward a model of text comprehension and production", *Psychological Review*, Vol. 85/5, pp. 363-394, <http://dx.doi.org/10.1037/0033-295x.85.5.363>. [51]
- Kirsch, I. y M. Lennon (2017), "PIAAC: A new design for a new era", *Large-scale Assessments in Education*, Vol. 5/11, <http://dx.doi.org/10.1186/s40536-017-0046-6>. [16]

- Kirsch, I. y P. Mosenthal (1990), "Exploring document literacy: Variables underlying the performance of young adults", *Reading Research Quarterly*, Vol. 25/1, pp. 5-30, <http://dx.doi.org/10.2307/747985>. [68]
- Klauda, S. y J. Guthrie (2008), "Relationships of three components of reading fluency to reading comprehension", *Journal of Educational Psychology*, Vol. 100/2, pp. 310-321, <http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.100.2.310>. [83]
- Kuhn, M. y S. Stahl (2003), "Fluency: A review of developmental and remedial practices", *Journal of Educational Psychology*, Vol. 95/1, pp. 3-21, <http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.95.1.3>. [79]
- LaBerge, D. y S. Samuels (1974), "Toward a theory of automatic information processing in reading", *Cognitive Psychology*, Vol. 6/2, pp. 293-323, [http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285\(74\)90015-2](http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285(74)90015-2). [80]
- Lemarié, J. et al. (2008), "SARA: A text-based and reader-based theory of signaling", *Educational Psychologist*, Vol. 43/1, pp. 27-48, <http://dx.doi.org/10.1080/00461520701756321>. [44]
- Leu, D. et al. (2015), "The new literacies of online research and comprehension: Rethinking the reading achievement gap", *Reading Research Quarterly*, Vol. 50/1, pp. 37-59, <https://ila.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/rrq.85>. [54]
- Leu, D. et al. (2017), "New literacies: A dual-level theory of the changing nature of literacy, instruction, and assessment", *Journal of Education*, Vol. 197/2, pp. 1-18, <http://dx.doi.org/10.1177/002205741719700202>. [11]
- Magliano, J. et al. (2017), "The modern reader: Should changes to how we read affect research and theory?", en Schober, M., D. Rapp and M. Britt (eds.), *Routledge handbooks in linguistics. The Routledge handbook of discourse processes*, Routledge/Taylor & Francis Group, <https://doi.org/10.4324/9781315687384>. [61]
- Mangen, A. y A. van der Weel (2016), "The evolution of reading in the age of digitisation: An integrative framework for reading research", *Literacy*, Vol. 50/3, pp. 116-124, <http://dx.doi.org/10.1111/lit.12086>. [18]
- McCrudden, M. y G. Schraw (2007), "Relevance and goal-focusing in text processing", *Educational Psychology Review*, Vol. 19/2, pp. 113-139, <http://dx.doi.org/10.1007/s10648-006-9010-7>. [29]
- McNamara, D. y J. Magliano (2009), "Toward a comprehensive model of comprehension", en Ross, B. (ed.), *The Psychology of Learning and Motivation*, Elsevier, [http://dx.doi.org/10.1016/s0079-7421\(09\)51009-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0079-7421(09)51009-2). [47]
- Mol, S. y A. Bus (2011), "To read or not to read: A meta-analysis of print exposure from infancy to early adulthood", *Psychological Bulletin*, Vol. 137/2, pp. 267-296, <http://dx.doi.org/10.1037/a0021890>. [88]
- Morrisroe, J. (2014), *Literacy Changes Lives: A New Perspective on Health, Employment and Crime*, National Literacy Trust, Londres, https://literacytrust.org.uk/documents/652/2014_09_01_free_research_-_literacy_changes_lives_2014.pdf.pdf. [5]
- Murray, T., I. Kirsch and L. Jenkins (1998), *Adult Literacy in OECD Countries: Technical Report on the First International Adult Literacy Survey*, National Center for Education Statistics, Washington, DC, <https://nces.ed.gov/pubs98/98053.pdf>. [12]

- National Center for Education Statistics (NCES) (n.d.), *PIAAC Participating Countries*, [15]
<https://nces.ed.gov/surveys/piaac/countries.asp> (accessed on 31.12.2018).
- Naumann, J. (2015), "A model of online reading engagement: Linking engagement, navigation, and performance in digital reading", *Computers in Human Behavior*, Vol. 53, pp. 263-277, [70]
<http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2015.06.051>.
- OCDE (2019), *The Survey of Adult Skills : Reader's Companion, Third Edition*, OECD Skills [86]
 Studies, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/f70238c7-en>.
- OCDE (2013), *OECD Skills Outlook 2013: First Results from the Survey of Adult Skills*, OECD [6]
 Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264204256-en>.
- OCDE (2011), *PISA 2009 Results: Students On Line: Digital Technologies and Performance* [71]
 (Volume VI), PISA, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264112995-en>.
- OCDE/Statistics Canada (2011), *Literacy for Life: Further Results from the Adult Literacy and Life* [14]
Skills Survey, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264091269-en>.
- OCDE/Statistics Canada (2005), *Learning a Living: First Results of the Adult Literacy and Life* [13]
Skills Survey, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264010390-en>.
- Ozuru, Y. et al. (2007), "Influence of question format and text availability on the assessment of [74]
 expository text comprehension", *Cognition and Instruction*, Vol. 25/4, pp. 399-438,
<http://dx.doi.org/10.1080/07370000701632371>.
- Pan, B. et al. (2007), "In Google we trust: Users' decisions on rank, position, and relevance", [39]
Journal of Computer-Mediated Communication, Vol. 12/3, pp. 801-823,
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1083-6101.2007.00351.x>.
- Perfetti, C. (1985), *Reading Ability*, Oxford University Press, Nueva York [1]
- Perfetti, C., J. Rouet and M. Britt (1999), "Toward a theory of documents representation", en van [49]
 Oostendorp, H. y S. Goldman (eds.), *The Construction of Mental Representations During Reading*,
 Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Mahwah, NJ.
- Potocki, A. et al. (2017), "Children's visual scanning of textual documents: Effects of document [46]
 organization, search goals, and metatextual knowledge", *Scientific Studies of Reading*, Vol. 21/6,
 pp. 480-497, <http://dx.doi.org/10.1080/10888438.2017.1334060>.
- Richter, T. (2015), "Validation and comprehension of text information: Two sides of the same coin", [34]
Discourse Processes, Vol. 52/5-6, pp. 337-355,
<http://dx.doi.org/10.1080/0163853x.2015.1025665>.
- Richter, T. et al. (2013), "Lexical quality and reading comprehension in primary school children", [84]
Scientific Studies of Reading, Vol. 17/6, pp. 415-434,
<http://dx.doi.org/10.1080/10888438.2013.764879>.
- Richter, T., S. Schroeder and B. Wöhrmann (2009), "You don't have to believe everything you [58]
 read: Background knowledge permits fast and efficient validation of information", *Journal of*
Personality and Social Psychology, Vol. 96/3, pp. 538-558, <http://dx.doi.org/10.1037/a0014038>.
- Rieh, S. (2002), "Judgment of information quality and cognitive authority in the Web", *Journal of* [65]
the American Society for Information Science and Technology, Vol. 53/2, pp. 145-161,
<http://dx.doi.org/10.1002/asi.10017>.
- Rouet, J. y M. Britt (2017), *Literacy in 2030. Report commissioned by the OECD's Education 2030* [3]
project, OCDE, París.

- Rouet, J. y M. Britt (2014), "Multimedia learning from multiple documents", en Mayer, R. (ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning, 2nd Edition (Cambridge Handbooks in Psychology, pp. 813-841)*, Cambridge University Press, Cambridge, <http://dx.doi.org/10.1017/cbo9781139547369.039>. [55]
- Rouet, J. y M. Britt (2011), "Relevance processes in multiple document comprehension", en McCrudden, M., J. Magliano and G. Schraw (eds.), *Text Relevance and Learning from Text*, Information Age Publishing, Greenwich, CT. [30]
- Rouet, J., M. Britt and A. Durik (2017), "RESOLV: Readers' representation of reading contexts and tasks", *Educational Psychologist*, Vol. 52/3, pp. 200-215, <http://dx.doi.org/10.1080/00461520.2017.1329015>. [66]
- Rouet, J., M. Britt and A. Potocki (2019), "Multiple-text comprehension", en Dunlosky, J. y K. Rawson (eds.), *The Cambridge Handbook of Cognition and Education (Cambridge Handbooks in Psychology, pp. 356-380)*, Cambridge University Press, Cambridge, <http://dx.doi.org/10.1017/9781108235631.015>. [23]
- Rouet, J. y B. Coutelet (2008), "The acquisition of document search strategies in grade school students", *Applied Cognitive Psychology*, Vol. 22/3, pp. 389-406, <http://dx.doi.org/10.1002/acp.1415>. [43]
- Rouet, J. y A. Potocki (2018), "From reading comprehension to document literacy: Learning to search for, evaluate and integrate information across texts", *Infancia y Aprendizaje*, Vol. 41/3, pp. 415-446, <http://dx.doi.org/10.1080/02103702.2018.1480313>. [22]
- Rouet, J. et al. (2011), "The influence of surface and deep cues on primary and secondary school students' assessment of relevance in Web menus", *Learning and Instruction*, Vol. 21/2, pp. 205-219, <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.02.007>. [41]
- Sabatini, J. y K. Bruce (2009), "PIAAC Reading Component: A Conceptual Framework", *OECD Education Working Papers*, No. 33, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/220367414132>. [85]
- Salmerón, L. et al. (2018), "Chapter 4. Comprehension processes in digital reading", en Barzillai, M. et al. (eds.), *Learning to Read in a Digital World (Studies in Written Language and Literacy, 17) (pp. 91-120)*, John Benjamins Publishing Company, Amsterdam, <http://dx.doi.org/10.1075/swll.17.04sal>. [20]
- Schroeder, S. (2011), "What readers have and do: Effects of students' verbal ability and reading time components on comprehension with and without text availability", *Journal of Educational Psychology*, Vol. 103/4, pp. 877-896, <http://dx.doi.org/10.1037/a0023731>. [75]
- Schwabe, F., N. McElvany and M. Trendtel (2015), "The school age gender gap in reading achievement: Examining the influences of item format and intrinsic reading motivation", *Reading Research Quarterly*, Vol. 50/2, pp. 219-232, <http://dx.doi.org/10.1002/rrq.92>. [78]
- Singer, M. (2013), "Validation in reading comprehension", *Current Directions in Psychological Science*, Vol. 22/5, pp. 361-366, <http://dx.doi.org/10.1177/0963721413495236>. [25]
- Snow, C. y RAND reading study Group (2002), *Reading for Understanding. Toward a R&D Program for Reading Comprehension*, RAND, Santa Mónica, CA, https://www.rand.org/pubs/monograph_reports/MR1465.html. [27]

- Stadler, M. y R. Bromme (2014), "The content-source integration model: A taxonomic description of how readers comprehend conflicting scientific information", en Rapp, D. y J. Braasch (eds.), *Processing Inaccurate Information: Theoretical and Applied Perspectives from Cognitive Science and the Educational Sciences*, MIT Press, Cambridge, MA. [52]
- Stadler, M. et al. (2013), "Dealing with uncertainty: Readers' memory for and use of conflicting information from science texts as function of presentation format and source expertise", *Cognition and Instruction*, Vol. 31/2, pp. 130-150, <http://dx.doi.org/10.1080/07370008.2013.769996>. [56]
- Stanovich, K. y R. West (1989), "Exposure to print and orthographic processing", *Reading Research Quarterly*, Vol. 24/4, pp. 402-433, <http://dx.doi.org/10.2307/747605>. [26]
- Street, B. y B. Street (1984), *Literacy in Theory and Practice*, Cambridge University Press, Nueva York. [2]
- Strømsø, H. et al. (2013), "Spontaneous sourcing among students reading multiple documents", *Cognition and Instruction*, Vol. 31/2, pp. 176-203, <http://dx.doi.org/10.1080/07370008.2013.769994>. [73]
- Toulmin, S. (1958), *The Uses of Argument*, Cambridge University Press, Cambridge, MA. [64]
- UNESCO (2017), "Literacy rates continue to rise from one generation to the next", *UNESCO Fact Sheet No. 45*, UNESCO Institute for Statistics, París, <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/fs45-literacy-rates-continue-rise-generation-to-next-en-2017.pdf>. [4]
- Walczyk, J. et al. (2004), "Children's compensations for poorly automated reading skills", *Discourse Processes*, Vol. 37/1, pp. 47-66, http://dx.doi.org/10.1207/s15326950dp3701_3. [81]
- White, S., J. Chen and B. Forsyth (2010), "Reading-related literacy activities of American adults: Time spent, task types, and cognitive skills used", *Journal of Literacy Research*, Vol. 42/3, pp. 276-307, <http://dx.doi.org/10.1080/1086296x.2010.503552>. [7]
- Wineburg, S. (1994), "The cognitive representation of historical texts", en Leinhardt, G., I. Beck and C. Stainton (eds.), *Teaching and Learning in History*, Erlbaum, Hillsdale, NJ. [67]
- Wineburg, S. (1991), "Historical problem solving: A study of the cognitive processes used in the evaluation of documentary and pictorial evidence", *Journal of Educational Psychology*, Vol. 83/1, pp. 73-87, <http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.83.1.73>. [60]
- Wirth, W. et al. (2007), "Heuristic and systematic use of search engines", *Journal of Computer-Mediated Communication*, Vol. 12/3, pp. 778-800, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1083-6101.2007.00350.x>. [40]
- Zwaan, R. y M. Singer (2003), "Text comprehension", en Graesser, A., M. Gernsbacher and S. Goldman (eds.), *Handbook of Discourse Processes*, Erlbaum, Mahwah, NJ. [48]

Observación

¹ La navegación en un texto estático y continuo siempre es posible simplemente cambiando el foco de atención de un fragmento del texto a otro; y, en el caso de textos largos, hojeando fragmentos y hojeando páginas y secciones.

3 Marco de evaluación del Ciclo 2 de PIAAC: Competencia matemática

Dave Tout (Chair), Australian Council for Educational Research

Isabelle Demonty, Universidad de Lieja

Javier Díez-Palomar, Universidad de Barcelona

Vince Geiger, Australian Catholic University

Kees Hoogland, HU University of Applied Sciences Utrecht

Terry Maguire, National Forum for the Enhancement of Teaching and Learning

En este capítulo se presenta el marco para conceptualizar y evaluar la competencia matemática de la población adulta y desarrollar una escala de información para la evaluación directa de la competencia matemática como parte del Programa Internacional para la Evaluación de las Competencias de la Población Adulta (PIAAC Ciclo 2) de la OCDE. La competencia matemática, tal y como se describe aquí, se refiere a las destrezas de los adultos para acceder, utilizar y razonar de forma crítica a partir de contenidos, información e ideas matemáticas representadas de múltiples maneras, con el fin de participar y gestionar las exigencias matemáticas de diversas situaciones de la vida adulta. El marco describe los fundamentos conceptuales y teóricos en los que se basa el constructo de la competencia matemática de la población adulta y los principios aplicados para evaluar la competencia matemática en PIAAC, así como la distribución de las preguntas de evaluación de la competencia matemática en función de las características de la tarea.

Introducción

Este capítulo presenta el marco para la conceptualización de la competencia matemática como parte del Programa Internacional para la Evaluación de las Competencias de la Población Adulta (PIAAC Ciclo 2) de la OCDE. Se basa en los marcos conceptuales y de evaluación y en los conocimientos acumulados que se han desarrollado en relación con las encuestas anteriores sobre las competencias de las personas adultas, principalmente el primer ciclo de PIAAC, el proyecto de Alfabetización de Población Adulta y Competencias para la Vida (ALL) y la Encuesta Internacional de Alfabetización de Adultos (IALS). También en las encuestas de alumnado en edad escolar, por ejemplo, el Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA).

Estructura del capítulo

Este capítulo consta de seis secciones, seguidas de referencias:

- La evaluación de la competencia matemática en PIAAC
- Fundamentos conceptuales y teóricos
- Constructo de evaluación de la competencia matemática en el Ciclo 2 de PIAAC
- Operativa de la evaluación de competencia matemática en PIAAC
- Relación entre PIAAC y PISA
- Componentes de matemáticas.

La primera sección ofrece un resumen de la revisión de 2017 del marco y la evaluación de la competencia matemática de PIAAC, da indicaciones de algunas otras cuestiones conceptuales consideradas e incluye una breve justificación para evaluar la competencia matemática en PIAAC. La segunda sección aborda el constructo conceptual de la competencia matemática. La tercera sección aborda el constructo de la evaluación y describe las diferentes dimensiones de competencia matemática que se evalúan, incluidos los contextos, las respuestas esperadas, las áreas de contenido de la información y las ideas matemáticas y las representaciones como una forma de aplicar el constructo de la competencia matemática al desarrollo de la escala. También se analizan los procesos de capacitación, tanto cognitivos como no cognitivos o disposicionales, que subyacen al comportamiento matemático. En la cuarta sección se analiza la operatividad del constructo de competencia matemática en una evaluación a gran escala como PIAAC y cómo esto se ve afectado por muchos factores que determinan hasta qué punto el concepto teórico puede ser abordado plenamente con la serie real de preguntas utilizadas en la evaluación directa. Describe lo que se puede y lo que no se puede evaluar en el Ciclo 2 de PIAAC. En las secciones siguientes se comentan las diferencias y los puntos en común entre la evaluación de la competencia matemática de PIAAC y la que se evalúa en el Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes (PISA); y otra sección se dedica a describir la nueva evaluación de los componentes de matemáticas.

¿Por qué tener un marco y un constructo de evaluación para PIAAC?

Cualquier evaluación válida requiere un marco y un constructo de evaluación. El marco de evaluación proporciona una definición del dominio y las características del constructo. Este marco suele incluir:

- los antecedentes, los fines y la justificación del programa de evaluación, así como su descripción, basados en un marco teórico y conceptual
- los grupos destinatarios de la evaluación
- una definición del dominio
- la exposición de cualquier variable que forme parte de la descripción y caracterice su profundidad y amplitud (por ejemplo, contextos, procesos, contenidos)

- un plan para el desarrollo de la prueba en función de las descripciones y variables anteriores, que podría incluir también los tipos de preguntas, las representaciones, la duración de la evaluación, el número de preguntas y la distribución en función de las diferentes variables.

En conjunto, estos aspectos y contenidos crean el marco conceptual y evaluativo que debe orientar la evaluación, como es el caso de este documento y su función para la evaluación de la competencia matemática en el PIAAC. Se define el constructo de competencia matemática que orienta el desarrollo de las preguntas de la prueba y, eventualmente, la interpretación de los resultados. El constructo de evaluación proporciona una definición formal del dominio y de las características del mismo en términos de cualesquiera parámetros clave o dominios de contenido, estrategias cognitivas y variedad de aplicaciones que deben ser cubiertas por el contenido de la evaluación.

Es importante señalar que la evaluación de competencia matemática de PIAAC describe toda la variedad de capacidades en competencia matemática de la población adulta. Esto abarca, en un extremo, a la población adulta que tiene formación de nivel universitario y, en el otro, a la que tiene niveles de educación muy limitados (p. ej., personas adultas que abandonaron los estudios a los 15 años o antes). Al mismo tiempo, abarca a la población adulta joven que todavía está estudiando y a la población que terminó su educación formal unos 30-50 años antes de realizar la evaluación.

La evaluación de la competencia matemática en el segundo ciclo de PIAAC debe vincularse con la evaluación utilizada en el primer ciclo de PIAAC y también con el anterior estudio ALL mediante el uso de preguntas de enlace. En consecuencia, este marco conceptual revisado para la evaluación de la competencia matemática en PIAAC deberá mantener los vínculos conceptuales y pragmáticos clave con el marco de competencia matemática utilizado para el estudio ALL y el Ciclo 1 de PIAAC.

Al mismo tiempo, es importante que el marco identifique un concepto de competencia matemática que sea relevante para las realidades de la tercera década del siglo XXI, y que refleje la comprensión actual de la competencia matemática de la población adulta, además de incorporar los desarrollos pertinentes en la práctica de las pruebas y hacer el mejor uso de las tecnologías de prueba disponibles.

La evaluación de la competencia matemática en PIAAC

Esta parte del informe ofrece un resumen de la revisión de 2017 del marco y la evaluación de la competencia matemática del Ciclo 1 de PIAAC, da indicaciones de algunas otras cuestiones conceptuales a tener en cuenta —identificadas por el nuevo Grupo de Expertos en competencia matemática del Ciclo 2 de PIAAC (NEG)— y termina con una breve justificación para evaluar la competencia matemática en PIAAC.

Informe de revisión

Se esperaba que el marco conceptual y de evaluación de la competencia matemática del segundo ciclo de PIAAC se actualizara a partir de una revisión del marco de evaluación de competencia matemática utilizado en el primer ciclo de PIAAC. Esta revisión fue encargada por la Secretaría de la OCDE y se publicó a principios de 2017 (Tout et al., 2017^[11]). El objetivo de este proyecto de revisión era elaborar un documento en el que se revisara el marco que orientaba la evaluación de la competencia matemática en el primer ciclo de PIAAC.

El objetivo de la revisión era evaluar hasta qué punto el marco que se desarrolló en 2009 reflejaba los aspectos actuales en competencia matemática de la población adulta y seguía siendo una base adecuada para la evaluación de la capacidad de la población adulta para realizar con éxito la serie de tareas de competencia matemática que tendrán que afrontar en su vida cotidiana y laboral en la tercera década del siglo XXI. En concreto, la revisión abordó lo siguiente:

- los desarrollos teóricos en la comprensión y conceptualización de la competencia matemática de la población adulta que son relevantes para la evaluación de la competencia matemática en PIAAC
- cómo garantizar que la evaluación refleje la importancia de la información digital, sus representaciones, así como los dispositivos y las aplicaciones como realidades que la población adulta tiene que gestionar para hacer frente a las exigencias numéricas de la vida cotidiana
- los avances en la evaluación de la competencia matemática (en especial de la población adulta) que podrían ser relevantes para PIAAC (por ejemplo, los tipos y formatos de preguntas, el uso de la animación y la modelización)
- cómo debe concebirse, desarrollarse (si procede) y presentarse la relación entre el marco de competencia matemática de PIAAC y el marco y la evaluación de la competencia matemática de PISA
- la utilidad y la viabilidad del desarrollo e implementación de una evaluación de componentes de matemáticas equivalente a la evaluación de los componentes de lectura de PIAAC.

La revisión recomendó una serie de áreas de posibles mejoras y perfeccionamientos, que incluían la definición y elaboración de la competencia matemática de la población adulta utilizada en el marco y del contenido de la evaluación. Muchas de las recomendaciones surgieron a partir de la preocupación de que el marco y la evaluación del Ciclo 1 existentes no reflejaban algunas de las realidades de las competencias y los conocimientos que la población adulta necesita para tener éxito en el trabajo, la vida y la ciudadanía en el siglo XXI. Algunos de los elementos clave que se derivan del documento de revisión son:

- abordar las destrezas del siglo XXI, que incluyen el pensamiento crítico y la reflexión, el razonamiento y la comprensión del grado de precisión
- incorporar los avances tecnológicos/TIC mientras se mantiene un equilibrio con los modos y medios de comunicación más tradicionales y realizar tareas de competencia matemática
- utilizar mejor la tecnología para la evaluación, tanto en lo que respecta a la autenticidad como a la accesibilidad de las preguntas
- abordar una serie de cuestiones relacionadas con el rendimiento y la comprensión en competencia matemática de la población adulta, incluida la disposición de la persona a utilizar las matemáticas y a verlas en una situación de competencia matemática
- desarrollar una evaluación de los componentes de matemáticas, que tendría objetivos paralelos a la evaluación existente de los componentes de lectura y proporcionaría información sobre las destrezas y conocimientos del significativo porcentaje de población adulta con bajos niveles de competencia matemática.

Este informe y esta recomendación han sido fundamentales para la redacción de este marco y el constructo de evaluación. La revisión y el presente documento se basan en marcos conceptuales y de evaluación; y también en los conocimientos acumulados que se han desarrollado en relación con las encuestas anteriores sobre las competencias de la población adulta, principalmente el primer ciclo de PIAAC —véase PIAAC Numeracy Expert Group (2009^[2]) y Gal y Tout (2014^[3])—. El marco y la evaluación del Ciclo 1 de PIAAC se basaron en gran medida en el marco de evaluación de las competencias matemáticas de la *Adult Literacy and Lifeskills* (ALL) (Murray, Clermont y Binkley, 2005^[4]). También se basaron en el trabajo de la *International Adult Literacy Survey* (IALS), y en las encuestas de estudiantes en edad escolar, especialmente en el Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes (PISA).

Algunos aspectos novedosos

En el proceso de considerar las recomendaciones y el contenido del documento de revisión de 2017 por parte del nuevo Grupo de Expertos en Competencia Matemática del Ciclo 2 de PIAAC (NEG) en su primera reunión en marzo de 2018, se identificaron una serie de cuestiones adicionales que necesitaban una mayor

exploración. En consecuencia, el NEG llevó a cabo una revisión bibliográfica en la que se exploraron las siguientes cinco cuestiones conceptuales: Grandes ideas de las matemáticas, sentido numérico, inmersión, autenticidad, comportamiento y prácticas matemáticas. Aunque este trabajo se ha incorporado e integrado en este marco revisado de competencia matemática, se incluye un breve resumen a continuación.

Grandes ideas de las matemáticas

Grandes Ideas de las matemáticas es un término que se utiliza para referirse a ideas matemáticas poderosas (Jones, Langrall y Thornton, 2002^[5]) fundamentales para el aprendizaje de las matemáticas, que vinculan numerosas conclusiones matemáticas en una totalidad coherente —p. ej., ver (Charles, 2005^[6]; Hurst, 2014^[7]; Hurst y Hurrell, 2014^[8]; Kuntze et al., 2009^[9]; Kuntze et al., 2011^[10]; Steen, 1990^[11])—. Inicialmente, el término «grandes ideas» se refería a la forma en que la información matemática puede clasificarse de manera diferente en comparación con las áreas de contenido del currículo tradicional de matemáticas. Se suelen incluir los siguientes dominios de contenido (que se elaboran en el marco de PIAAC): cantidad y número, espacio y forma, cambio y relaciones, y datos y azar. «Las grandes ideas» también se utilizan como puntos focales para añadir algo de estructura a los a veces «planes de estudio sobrecargados» (Siemon, 2017^[12]; Siemon, Bleckly y Neal, 2012^[13]).

Sentido numérico

En el Ciclo 2 de PIAAC, en concreto en relación con el reto de desarrollar una nueva evaluación separada de componentes de matemáticas, se considera que el sentido numérico está relacionado con la comprensión general de una persona de los diferentes tipos de números y operaciones, e implica una comprensión crítica para tomar decisiones y resolver problemas utilizando los números de forma flexible en contextos *personales, laborales y sociales/comunitarios* (Ministerio de Educación de Ontario, 2006^[14]; Peters, 2012^[15]; Wagner y Davis, 2010^[16]; Yang, Reys y Reys, 2009^[17]). McIntosh, Reys y Reys (1992^[18]) definen el sentido numérico como: «Refleja una inclinación y una capacidad para utilizar números y métodos cuantitativos como medio para comunicar, procesar e interpretar la información» (p. 3). Además, «el uso de los números es más que un razonamiento sobre el número y más que cálculos hábiles. Se trata de dar sentido a la situación a la que aplicamos números y cálculos» (Thompson, 1995, p. 220^[19]). Los números y las expresiones cuantitativas pueden presentarse en una serie de sistemas de representación diferentes, como: texto o símbolos, imágenes de objetos físicos, información estructurada e información dinámica. La comprensión del *sentido numérico* se ha identificado como un elemento clave y se aborda en todo el marco. Asimismo, ha ayudado a sustentar el desarrollo de la evaluación de los nuevos componentes de matemáticas para el Ciclo 2 de PIAAC. Esto se explica con más detalle en la sexta sección de: *Componentes de matemáticas*.

Inmersión, autenticidad, comportamiento y prácticas matemáticas

Estas cuatro cuestiones están interrelacionadas, y el NEG ha intentado abordarlas de forma más explícita a lo largo del nuevo marco, en su elaboración y, en cierta medida, en el contenido de la propia evaluación, incluso en las preguntas del cuestionario de antecedentes que se relacionan con el uso de las habilidades en la competencia matemática. Estas cuestiones de inmersión, autenticidad, comportamiento y prácticas matemáticas, se relacionan con la comprensión de la conexión vital y subyacente y el contexto del mundo real en el que la población adulta utiliza las matemáticas en su vida diaria como individuos, ciudadanos, miembros de una familia o trabajadores.

La inmersión de las matemáticas se refiere a las profundas relaciones que tienen con el contexto en el que se utilizan. Esto significa que el modo en que se utilizan las matemáticas para intervenir en una tarea está fundamentalmente condicionado por el contexto en el que se emplean, lo que incluye las influencias

socioculturales que permiten o limitan la acción en entornos cívicos, personales o laborales. Desde este punto de vista, existe una clara separación entre el conocimiento matemático en entornos escolares, en referencia a cómo se enseña, cómo se aprende y cómo se practica, y el uso de este conocimiento fuera de los centros educativos. La cuestión de la autenticidad es un tema importante en el desarrollo de las preguntas de la prueba en PIAAC, ya que se refiere a la similitud de una tarea, en una evaluación internacional como PIAAC, con la situación real de la que se ha extraído la tarea. Las preguntas de PIAAC se desarrollan a partir de la búsqueda de situaciones y tareas que se basan en estímulos auténticos; a continuación, se componen series de preguntas que alguien querría que se respondieran sobre la información del estímulo o basadas en ella. Los comportamientos y las prácticas matemáticas son cuestiones distintas, pero complementarias. Los comportamientos numéricos se relacionan con las respuestas cognitivas de un individuo ante situaciones en las que las matemáticas están integradas en un problema del mundo real del que se espera una respuesta o una acción. Las prácticas de competencia matemática están relacionadas con los diferentes usos de las matemáticas dentro de un contexto, definido no solo por el problema en sí, sino también por el contexto físico y social en el que se encuentra. Estas cuestiones se desarrollan y se discuten a lo largo del documento marco.

Fundamentos de la evaluación de la competencia matemática en PIAAC

Como se argumentó en el marco de competencia matemática del Ciclo 1 de PIAAC (PIAAC Numeracy Expert Group, 2009^[2]), este marco y la descripción de la competencia matemática se basan en el supuesto de que una evaluación directa de la competencia matemática en PIAAC es un proyecto esencial y que merece la pena por cuatro razones distintas, pero relacionadas (PIAAC Numeracy Expert Group, 2009, pp. 8-9^[2]):

- La competencia matemática es esencial para la población adulta y para las sociedades en las que vive.
- Las políticas públicas de la mayoría de los países incluyen programas independientes en competencia lectora y competencia matemática.
- Las respuestas políticas y programáticas son diferentes para la competencia matemática que para la competencia lectora.
- Los niveles de rendimiento en la competencia matemática no se miden bien en la escala de rendimiento de la competencia lectora.

Los conocimientos básicos de cálculo y matemáticas siempre se han considerado parte de las destrezas fundamentales que la población adulta necesita poseer para funcionar bien y tener la capacidad de alcanzar diversos objetivos en su vida cotidiana, laboral y social. Como se mostrará más adelante en este marco, actualmente las sociedades presentan a los ciudadanos cantidades cada vez mayores de información, y de variedad más amplia, de naturaleza cuantitativa o matemática en todos los ámbitos de la vida, en contextos diversos, como los relativos a los factores de riesgo para la salud, los impactos medioambientales o la planificación financiera y la compra de seguros, entre otros. A medida que los lugares de trabajo se vuelven más tecnológicos y se preocupan por involucrar a todos los trabajadores en la mejora de la eficiencia y la calidad, la importancia de las habilidades en matemáticas es cada vez mayor. Se ha demostrado que las destrezas relacionadas con la competencia matemática son un factor clave para la participación en el mercado laboral, a veces incluso en mayor medida que las destrezas en la competencia lectora. Los adultos con los niveles más bajos de destrezas en las competencia matemática y lectora tienen más probabilidades de estar desempleados o de necesitar asistencia social. Además, se considera que una competencia matemática sólida resulta esencial para la formación postsecundaria en muchas áreas, incluidas, entre otras, las ciencias puras, la ingeniería y la tecnología (Benn, 1997^[20]; Bynner y Parsons, 2005^[21]; Coben et al, 2003^[22]; Coben, O'Donoghue y FitzSimons, 2000^[23]; Condelli et al., 2006^[24]; Coulombe, Tramblay y Marchand, 2004^[25]; Forman y Steen, 1999^[26]; Gal, 2000^[27]; Gal et al,

2005^[28]; Ginsburg, Manly y Schmitt, 2006^[29]); (Hoyles et al., 2002^[30]; Johnston, 1994^[31]; Jonas, 2018^[32]; Jones, 1995^[33]; Murnane, Willett y Levy, 1995^[34]; National Research and Development Centre (NRDC), 2006^[35]; OECD/Statistics Canada, 2005^[36]; Tout y Gal, 2015^[37]; Tout y Schmitt, 2002^[38]; Willis, 1990^[39])

Las políticas públicas de la mayoría de los países incluyen programas independientes en las competencias lectora y matemática. La adquisición separada de competencias en estas dos áreas fundamentales se enfatiza tanto en los sistemas escolares de primaria y secundaria como en los proyectos de educación de adultos o de aprendizaje no formal. Los países esperan que la inversión en las competencias lectora y matemática aumente la capacidad de los ciudadanos para actuar de forma independiente en beneficio de su propio progreso y de la seguridad de sus ingresos, y de este modo reducir los futuros gastos sociales y contribuir a la participación de los ciudadanos en la vida económica y social en una sociedad saturada de información.

Las respuestas políticas y programáticas son diferentes para la competencia matemática que para la lectora. Los esfuerzos para mejorar los niveles de las competencias lectora y matemática en grupos específicos de población no se llevan a cabo necesariamente a través de los mismos mecanismos; a menudo requieren diferentes expertos, recursos y sistemas de aprendizaje debido a las diferencias en los componentes de conocimiento subyacentes y en las trayectorias de aprendizaje. Es fundamental que los países dispongan de información sobre las destrezas en competencia matemática de sus trabajadores y ciudadanos, independientemente de otras áreas de competencia. De este modo se puede evaluar el capital humano disponible para el progreso; planificar las oportunidades de aprendizaje escolar y a lo largo de la vida; y comprender mejor los factores que afectan a la adquisición y el uso de la competencia matemática por parte de los ciudadanos (Johnston y Maguire, 2005^[40]).

No es posible representar los niveles de competencia matemática de una población únicamente mediante los resultados de la evaluación de su competencia lectora que examina la capacidad de las personas para leer, procesar y comprender diversos tipos de textos y documentos, o para comunicarse sobre dichos textos. Como se ha observado en PIAAC y en otras investigaciones que comparan las destrezas y el rendimiento de la población adulta entre las competencias lectora y matemática, hay diferencias sustanciales en los rendimientos, los resultados y las implicaciones / consecuencias de los adultos con destrezas más bajas o más altas en competencia matemática en comparación con las destrezas en competencia lectora —por ejemplo, ver (Bynner y Parsons, 2005^[21]; Jonas, 2018^[32]; OCDE, 2017^[41]; Tout y Gal, 2015^[37])—. Como se explica detalladamente más adelante, la competencia matemática implica el manejo no solo de los procesos aritméticos, sino también la comprensión de proporciones e ideas probabilísticas, la comprensión de tipos y representaciones numéricas, geométricas, gráficas y algebraicas de información matemática y la interpretación crítica de los mensajes estadísticos o matemáticos, entre otros aspectos. La mayor parte de estos elementos y procesos guardan poca relación con lo que se entiende por evaluación de la competencia lectora (Coben, O'Donoghue y FitzSimons, 2000^[23]; Gal et al., 2005^[28]).

De ello se deduce que una evaluación directa de la competencia matemática en PIAAC puede proporcionar a los responsables políticos y a otras partes interesadas una base única y sólida para evaluar la distribución actual de la competencia matemática en la población adulta.

Fundamentos conceptuales y teóricos

La conceptualización de la *competencia matemática* en un contexto internacional supone un reto. Al igual que la competencia lectora, el término «competencia matemática» tiene múltiples significados en los distintos países e idiomas. En algunos países, el término «competencia matemática» se relaciona con las competencias básicas que se espera que los chicos/as de centros educativos adquieran como requisito previo al aprendizaje de las matemáticas formales en los cursos superiores. En otros países, el término

«competencia matemática», (*Numeracy*, en inglés), abarca una amplia variedad de destrezas, conocimientos y disposiciones que la población adulta debe poseer, pero no se relaciona necesariamente con la escolarización formal. Esto se analiza con más detalle en la siguiente sección. Algunos países ni siquiera tienen una palabra para competencia matemática; por lo tanto, como parte del discurso educativo u orientado a la política en dichos países, los expertos o traductores tuvieron que inventar una nueva palabra especial para ello (por ejemplo, *Numératie* en Canadá, *Numeralitet* en Dinamarca), o utilizar otras frases como «alfabetización matemática», «matemáticas funcionales», o términos equivalentes a «capacidad de cálculo». Esta diversidad terminológica, o la falta de un término aceptado con el que los responsables políticos se sientan cómodos, puede complicar la comunicación entre los responsables políticos y los educadores interesados en PIAAC.

La variedad de significados del término «competencia matemática» y la falta de un término equivalente en todos los idiomas pueden crear malentendidos o lagunas en las expectativas sobre lo que se va a calcular con una escala de competencia matemática en PIAAC. Esto puede afectar a la percepción de la relevancia política de una escala de competencia matemática. Por lo tanto, hay que asegurarse de que los debates sobre la evaluación de la competencia matemática en PIAAC se basen en una descripción clara y un consenso sobre el alcance del término y el reconocimiento de su importancia en una amplia variedad de circunstancias de la vida adulta.

También hay que recordar que lo que se valorará en una evaluación de competencia matemática viene determinado *conjuntamente* por dos factores interrelacionados:

- el constructo conceptual que describe la competencia matemática y sus elementos
- el constructo de evaluación que describe cómo se aplica operativamente la conceptualización general de la competencia matemática y cómo se manifiesta en la naturaleza y la variedad de tareas que se utilizan en la evaluación y el modo de administración y puntuación.

Desarrollo de perspectivas sobre la competencia matemática en la población adulta

La formulación de lo que abarca la competencia matemática ha evolucionado desde que el término se introdujo por primera vez en el Informe Crowther de 1959 en Inglaterra y Gales, —por ejemplo, véase (Karaali, Villafane-Hernández y Taylor, 2016^[42])— cuando se definió como algo «más que la mera capacidad de aplicar la regla de tres» (Crowther, 1959, p. 270^[43]). Otro escalón importante en la conceptualización y descripción de la competencia matemática fue el informe Cockcroft de 1982, en el que se definió como:

La alfabetización numérica consiste... en estar «familiarizado» con los números y tener capacidad para utilizar las destrezas matemáticas que permiten a un individuo hacer frente a las exigencias matemáticas prácticas de su vida cotidiana... [y] capacidad para apreciar y comprender la información que se presenta en términos matemáticos, por ejemplo, gráficas, tablas o en referencia con el aumento o la disminución porcentual. (Cockcroft, 1982, p. 11^[44])

El uso y el significado del término «competencia matemática» ha cobrado fuerza en los años después de los informes Crowther y Cockcroft. Algunos de los documentos e investigaciones importantes son: (Baker y Street, 1994^[45]; Benn, 1997^[20]; Coben, O'Donoghue y FitzSimons, 2000^[23]; Coben et al., 2003^[22]; Condelli et al., 2006^[24]; Forman y Steen, 1999^[26]; Gal, 2000^[27]; Gal et al., 2005^[28]; Ginsburg, Manly y Schmitt, 2006^[29]; Hoyles et al., 2002^[30]); (Johnston, 1994^[31]; Lindenskov y Wedege, 2001^[46]; Maguire y O'Donoghue, 2003^[47]; National Research and Development Centre (NRDC), 2006^[35]; Tout y Gal, 2015^[37]; Tout y Schmitt, 2002^[38]; Willis, 1990^[39]). En el Reino Unido, en el año 2000, Coben, O'Donoghue y FitzSimons publicaron un trabajo titulado *Perspectives on Adult Learning Mathematics* («Perspectivas sobre el aprendizaje de las matemáticas de la población adulta»), en el que ofrecían una revisión de la investigación relacionada con el aprendizaje de las matemáticas de la población adulta. Al mismo tiempo,

un volumen similar, *Adult Numeracy Development* («Desarrollo de la competencia matemática adulta»): *Theory, Research, Practice* («Teoría, investigación y práctica») se publicó en Estados Unidos (Gal, 2000^[27]). En la misma época (1998-2000), un equipo internacional elaboró una conceptualización de la competencia matemática de los adultos para la encuesta de Alfabetización de Adultos y Habilidades para la Vida (ALL), precursora de PIAAC (Gal et al., 2005^[28]). Era la primera vez que había que definir el constructo de competencia matemática en un contexto de evaluación comparativa internacional y no puramente en un contexto educativo. El equipo internacional de ALL definió la competencia matemática junto con una definición más elaborada de comportamiento numérico. Coben, en 2003, dirigió un equipo que redactó *Adult Numeracy: Review of Research and Related Literature* («Reseña de la investigación y de publicaciones relacionadas») y señalaron que la competencia matemática se definía cada vez más como «las matemáticas en el trabajo y las matemáticas en la vida cotidiana de la población adulta» (Coben et al., 2003, p. 38^[22]).

Maguire y O'Donoghue (2003^[47]) revisaron y organizaron las concepciones de la competencia matemática de varios países (Australia, Canadá, Dinamarca, Irlanda, Países Bajos, Reino Unido y Estados Unidos) a lo largo de un continuo de niveles crecientes de complejidad o sofisticación: *formativo*, *matemático* e *integrador*. Las concepciones *formativas* consideran que la competencia matemática está relacionada con las habilidades aritméticas básicas. Las concepciones *matemáticas* consideran la competencia matemática de una manera contextualizada, como un conjunto más amplio de conocimientos y destrezas matemáticas (más allá de los cálculos básicos) de relevancia en la vida cotidiana. Por último, las concepciones *integradoras* consideran la competencia matemática como un constructo multifacético y sofisticado que incorpora no solo matemáticas, sino también elementos comunicativos, culturales, sociales, emocionales y personales que interactúan y conciernen a la forma en la que las diferentes personas funcionan en sus contextos sociales.

En ese momento, las concepciones formativas solían estar asociadas a la forma en que se consideraba la competencia matemática en relación con los objetivos de la enseñanza primaria, y se reflejaban en la forma en que se definía la competencia matemática al clasificar los niveles de competencia lectora/competencia matemática en todo el mundo, por ejemplo, UNESCO (1997^[48]). La mayor parte de las concepciones existentes que ha adoptado la educación de adultos, la formación en el lugar de trabajo y las evaluaciones nacionales e internacionales se sitúan en diferentes puntos de las fases matemática e integradora descritas por Maguire y O'Donoghue. El abanico de concepciones y definiciones de la competencia matemática para la población adulta desde finales del siglo pasado hasta épocas más recientes ilustra que las concepciones evolucionan con el tiempo y que se puede observar variabilidad incluso dentro del mismo sistema nacional.

Lindenskov y Wedege (2001^[46]) ofrecen un interesante estudio de caso sobre la definición de la competencia matemática. Basándose en su trabajo en la educación de adultos y de matemáticas en Dinamarca, importaron la *competencia matemática (numeracy)* de los países anglófonos e introdujeron un nuevo término, *Numerality*, con un marco conceptual que fue adoptado posteriormente por el Ministerio de Educación danés. Según esta perspectiva, es esencial distinguir entre lo que es, o debería ser, la competencia matemática desde el punto de vista individual y en la sociedad. Lindenskov y Wedege propusieron una visión social, según la cual la competencia matemática se considera una competencia que implica, por un lado, una interacción dinámica entre las habilidades y concepciones matemáticas funcionales y las operaciones y, por otro lado, una serie de actividades y diversos tipos de datos y medios. Argumentaron que esta visión basada en habilidades y actividades debería ir acompañada de la comprensión de que, en principio, todas las personas necesitan tener esta competencia. También expusieron que la competencia matemática es una competencia determinada por la sociedad y la tecnología y que cambia en el tiempo y el espacio junto con el cambio social y el desarrollo tecnológico.

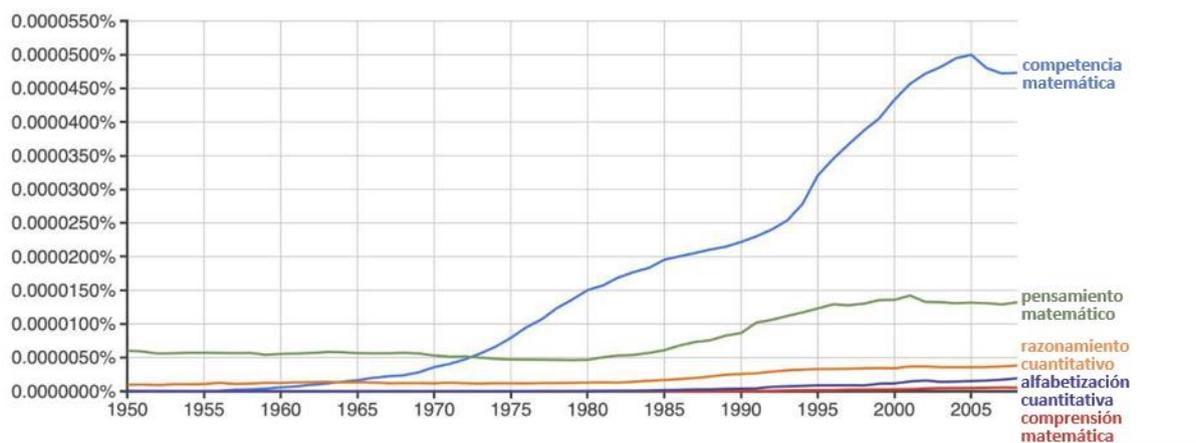
La definición citada anteriormente del Comité Cockcroft del Reino Unido (1982^[44]) ha sido bastante influyente en el sentido de que su concepción de la competencia matemática implica que es una capacidad

para hacer frente a diversas tareas funcionales en contextos del mundo real, así como a tareas interpretativas, pero también señaló la centralidad de los componentes no cognitivos de apoyo subyacentes. Estas ideas clave se reflejan, aunque con terminologías y enfoques diferentes, en otras visiones de la competencia matemática, incluso en las definiciones utilizadas tanto en ALL como en el Ciclo 1 de PIAAC. Otro punto común importante es la presencia de elementos o ideas matemáticas en situaciones reales; también la noción de que éstos los puede utilizar o abordar una persona de forma orientada a un objetivo, dependiendo de las necesidades del individuo dentro del contexto dado, es decir, el hogar, la comunidad, el lugar de trabajo, la acción social, etc.

Uso común del término «competencia matemática» en la década del 2000

Si nos fijamos en las fuentes editoriales, cada vez es más evidente que el uso y el concepto del término competencia matemática ha ido desplazando a otros términos como alfabetización matemática y alfabetización cuantitativa, y se ha hecho más popular, aunque en muchos idiomas no tenga una traducción directa. Esto se ilustra en el Gráfico 3.1 a continuación, que se basa en el trabajo de Karaali, Villafañe-Hernández y Taylor (2016^[42]), pero actualizado.

Figura 3.1. Uso del término «competencia matemática» frente a otros términos en los libros publicados entre 1950 y 2008, incluidos en Google Books



Fuente: Datos de Google Books Ngram Viewer. Recuperado el 15 de diciembre de 2018.

Comparación entre competencias y habilidades

Los dos términos, *competencia* y *habilidad*, se utilizan en los documentos e informes actuales de PIAAC. Las competencias pueden tener significados diferentes en situaciones y culturas distintas. Por ejemplo, en algunos entornos de educación de adultos en Australia se utiliza una noción reductora de competencia como sinónimo de habilidad. Sin embargo, las competencias también pueden significar la combinación de habilidades y aspectos del pensamiento de orden superior, como la planificación estratégica. Esto último se refleja en el proyecto de la OCDE Definition and Selection of Competencies project (DeSeCo) (Definición y Selección de Competencias) (DeSeCo) (OCDE, 2005^[49]), que se desarrolló para proporcionar un marco que informara sobre la identificación de las competencias clave en las encuestas internacionales que miden el nivel de conocimiento de la población joven y la población adulta —véase Rychen (2004, p. 321^[50])—.

En *The Survey of Adult Skills - Reader's Companion* («Encuesta sobre las Competencias de la Población

Adulta – Edición Complementaria»), segunda edición (OCDE, 2016^[51]), la OCDE discute esta cuestión de la terminología y el uso de estos dos términos (*competencia* y *habilidad*) y concluye que hay mucha superposición en su comprensión y uso, y, aunque reconoce que puede haber diferencias en el uso y el significado de los dos términos, concluye:

Sin embargo, en el contexto de la Encuesta sobre las Competencias de las Personas Adultas (PIAAC), no se intenta diferenciar entre habilidad y competencia, y los términos se utilizan indistintamente... Ambos términos se refieren a la habilidad o capacidad de un individuo para actuar adecuadamente en una situación determinada. Ambos implican la aplicación del conocimiento (explícito y/o tácito), el uso de herramientas, estrategias cognitivas y prácticas y rutinas. Asimismo, ambos implican creencias, disposiciones y valores (por ejemplo, actitudes). Además, ni la habilidad ni la competencia se conciben como algo relacionado con un contexto particular de desempeño, ni se considera una habilidad como una de las unidades atómicas que se combinan para formar la competencia. (OCDE, 2016, p. 17^[51]).

El presente informe sobre el marco de competencia matemática tampoco atribuye un significado o uso explícito a ninguno de los dos términos.

Comportamiento y prácticas numéricas

El establecimiento y la ampliación de la competencia matemática requiere la adopción, el desarrollo o la apropiación tanto de comportamientos como de prácticas numéricas. Estos dos constructos son distintos pero complementarios. Los comportamientos numéricos son respuestas cognitivas de un individuo ante situaciones concretas en las que las matemáticas pueden proporcionar una ventaja para abordar un problema del mundo real. Por otro lado, las prácticas de competencia matemática se refieren al uso de las matemáticas en un contexto definido no solo por el problema, sino también por el entorno físico y social en el que se encuentra. La noción de situación está vinculada a las formas de pensar, los modos de razonamiento y los medios de generación de conocimiento dentro de las comunidades que se definen por distintos tipos de actividad social o cultural. Desde esta perspectiva, la competencia matemática se considera una práctica social. Tal como Yasukawa et al. (2018^[52]) afirman:

La perspectiva de la competencia matemática como práctica social se centra en lo que la gente hace con la competencia matemática a través de las interacciones sociales en contextos concretos, más que en el desempeño de las destrezas matemáticas de las personas aisladas del contexto... Además, el enfoque hacia la práctica implica observar la actividad de la competencia matemática en una situación cultural, histórica y política dada. (p. 13)

Así, el empleo de comportamientos numéricos para abordar problemas del mundo real en diferentes contextos requiere el ajuste de actividades únicas en curso, relaciones sociales y modos de pensamiento y razonamiento basados en la comunidad (Lave, 1988^[53]). Esto significa que el uso de las matemáticas dentro de una práctica requiere que la capacidad matemática esté matizada por estrategias holísticas conformadas por los contextos específicos en los que se despliegan (Geiger, Goos y Forgasz, 2015^[54]).

Sin embargo, la noción de competencia matemática como práctica social tiene implicaciones para la cuestión de la transferencia, es decir, el uso de comportamientos numéricos desarrollados en un contexto en una situación nueva o diferente. Esta cuestión de la transferencia, según Hoyles, Noss y sus compañeros (Hoyles, Noss y Pozzi, 2001^[55]; Noss, Hoyles y Pozzi, 2002^[56]), puede lograrse a través de la abstracción de invariantes subyacentes que son relevantes en todas las situaciones, un proceso que denominan abstracción localizada.

La conceptualización matemática puede estar muy ajustada a su génesis constructiva —cómo se aprende, cómo se discute y comunica— y a su uso en una práctica cultural, pero simultáneamente puede conservar invariantes matemáticos abstraídos dentro de esa comunidad de práctica. (Noss, Hoyles y Pozzi, 2002, p. 205^[56])

Aunque la naturaleza del contenido de la evaluación en PIAAC limita su enfoque principal al aspecto cognitivo de la competencia matemática, es decir, a los comportamientos y destrezas que forman la base de las preguntas, sus contextos y las preguntas específicas, la noción de práctica ha influido en el desarrollo de las preguntas sobre el uso de destrezas que forman parte del cuestionario de antecedentes. El cuestionario de antecedentes (Background Questionnaire, BQ) de PIAAC incluye la recopilación de una amplia variedad de información que puede ayudar a explicar las diferencias de rendimiento entre los adultos, lo que contribuye a nuestra comprensión de los factores que afectan a la adquisición y retención de destrezas o a la motivación para seguir aprendiendo. Las preguntas sobre el uso de las destrezas están estructuradas en torno a dos temas, las *prácticas laborales* y las *prácticas cotidianas*, en las que se solicitan respuestas sobre la frecuencia de uso de diferentes prácticas de competencia matemática. El Grupo de Expertos en competencia matemática (Numeracy Expert Group, NEG) trabajó con la OCDE y el Grupo de Expertos del BQ de PIAAC para revisar y mejorar la coherencia y la investigación de la validez y utilidad de las preguntas del BQ sobre las prácticas de competencia matemática en el trabajo y en la vida cotidiana para el segundo ciclo de PIAAC. El trabajo y las recomendaciones del NEG ayudaron a homogeneizar el conjunto de cuestiones, a mantener un sentido de coherencia entre las prácticas laborales/profesionales y los usos personales, al tiempo que se intentaba preservar continuidad entre los dos ciclos. El NEG utilizó las descripciones de las cuatro áreas de contenido diferentes del marco de competencia matemática de PIAAC para colaborar en la orientación, y en la revisión de la investigación existente sobre las prácticas de competencia matemática en el trabajo y en la vida cotidiana del Ciclo 1 de PIAAC.

Las cuestiones relacionadas con las prácticas y el uso en el trabajo incluyen: el cálculo de precios; el recuento de existencias; la revisión de inventarios; la planificación de rutas de entrega; la preparación de presupuestos; la realización de mediciones; la interpretación de gráficos o la realización de análisis de datos. Las cuestiones relativas a la práctica diaria están relacionadas con ejemplos como: cálculos relacionados con la compra y los descuentos; decisiones relacionadas con asuntos financieros como presupuestos, seguros, préstamos o ahorros; medidas necesarias cuando se cocina, se trabaja en el jardín o se confecciona ropa. Así, aunque la capacidad de PIAAC para evaluar la actividad de competencia matemática desde la perspectiva de la práctica social es necesariamente limitada, se reconoce como vital el papel de las prácticas en la documentación e investigación de la capacidad y el rendimiento en competencia matemática.

Desarrollos y fundamentos teóricos

La conceptualización teórica de la competencia matemática para el Ciclo 2 de PIAAC, que se discute y presenta a continuación, se basa en la revisión previa de la literatura y los resultados de la investigación presentados en los dos marcos anteriores de competencia matemática para la encuesta ALL (Gal et al., 2005^[28]) y el Ciclo 1 de PIAAC (PIAAC Numeracy Expert Group, 2009^[2]). Además, incorpora la revisión del marco de evaluación de la competencia matemática utilizado en el primer Ciclo de PIAAC encargado por la Secretaría de la OCDE (Tout et al., 2017^[1]), junto con la investigación adicional realizada por el Grupo de Expertos en competencia matemática para el Ciclo 2 de PIAAC. Además, se utiliza como base para la elaboración de la forma en que se aplicará la evaluación de la competencia matemática en el Ciclo 2 de PIAAC y cuáles son las dimensiones clave que se evaluarán. Esto se describe en *la tercera sección: Constructo de evaluación de la competencia matemática en el Ciclo 2 de PIAAC*.

Esta conceptualización opera en dos niveles. Se relaciona con la competencia matemática como un constructo que describe una competencia o una destreza, y con el comportamiento y las prácticas numéricas, que es la forma en que se manifiesta la competencia matemática de una persona ante situaciones o contextos que tienen elementos matemáticos o conllevan información de carácter cuantitativo. De este modo, es posible hacer inferencias sobre la competencia matemática de una persona mediante el análisis de su rendimiento en tareas de evaluación diseñadas para estimular el comportamiento matemático. En coherencia con la visión anterior de competencia, la competencia

matemática se describirá como la combinación de elementos cognitivos (es decir, diversas bases de conocimiento y destrezas) y de elementos no cognitivos o semicognitivos (es decir, actitudes, creencias, hábitos mentales y otras disposiciones) que, en su conjunto, conforman el rendimiento, el comportamiento y las prácticas numéricas de una persona. Esta conceptualización incluye las formas de conocer, los medios para generar nuevos conocimientos y el uso de diferentes formas de razonamiento.

En los siguientes apartados se resumen algunos de los fundamentos teóricos y conceptuales del anterior documento marco de PIAAC y se añaden investigaciones y conocimientos más recientes sobre la competencia matemática de la población adulta, procedentes principalmente del documento de revisión. Comienza con la misma estructura que el marco anterior y aborda en primer lugar los contextos y las exigencias en materia de competencia matemática, pero luego se complementa con una nueva sección que añade nuevas ideas de investigación procedentes de la revisión del marco del Ciclo 1 de PIAAC, entre otras.

Cabe señalar que, la mayoría de las revisiones recientes indican que sigue habiendo una escasez de avances empíricos o teóricos en la investigación sobre la competencia matemática de la población adulta —véase, p. ej., (Carpentieri, Litster y Frumkin, 2009^[57]; Condelli et al., 2006^[24]; Geiger, Goos y Forgasz, 2015^[54]; Windisch, 2015^[58]—. Sin embargo, la investigación del equipo de revisión de competencia matemática de PIAAC de 2017 (Tout et al., 2017^[1]) incluyó la lectura y revisión de informes recientes sobre la enseñanza, el aprendizaje y las descripciones de las prácticas de competencia matemática para población adulta; por ejemplo, (Chisman, 2011^[59]; Griffiths y Stone, 2013^[60]; National Institute of Adult Continuing Education (NIACE), 2011^[61]). El equipo de revisión consideró que en la revisión y reescritura del marco de competencia matemática de PIAAC para este segundo ciclo deberían considerarse y abordarse una serie de cuestiones. Dichas cuestiones se han incorporado a los debates y resultados que se exponen a continuación.

Contextos y exigencias en materia de competencia matemática

Lo que abarca la competencia matemática (y el comportamiento y las prácticas numéricas) puede abordarse inicialmente identificando la naturaleza de los contextos que contienen elementos cuantitativos y matemáticos¹ a los que se enfrentan los adultos y que plantean exigencias que deben afrontar. Esto, a su vez, establece la base para describir los elementos de conocimiento y los procesos de apoyo que permiten a la población adulta afrontar las tareas de competencia matemática del mundo real (Ginsburg, Manly y Schmitt, 2006^[29]), y más tarde puede ayudar a formar una hoja de ruta que puede guiar el diseño y la selección de tareas para su inclusión en la evaluación de la competencia matemática en PIAAC.

La bibliografía relativa a los usos de la competencia matemática en el mundo real puede dividirse en tres vertientes:

- el papel de la competencia matemática en la vida de los adultos
- las exigencias matemáticas del entorno laboral
- las perspectivas educativas sobre las necesidades matemáticas de los graduados escolares y los ciudadanos.

Estas tres áreas están claramente entrelazadas, pero también ofrecen ideas complementarias; por ello, a continuación, se revisa cada una por separado.

Implicaciones de las destrezas y exigencias del siglo XXI en las necesidades de competencia matemática

Las investigaciones muestran que los requisitos de destrezas del siglo XXI han cambiado en comparación con el siglo anterior, y que se requieren nuevas formas de trabajar, razonar y pensar. Además, las nuevas destrezas interactúan con la tecnología cada vez más —véase (Binkley et al., 2011^[62]; Expert Group on

Future Skills Needs (Ireland), 2007^[63]; Foundation for Young Australians, 2017^[64]; Griffin, McGaw y Care, 2012^[65]; Partnership for 21st Century Skills, 2016^[66]; Pellegrino y Hilton, 2012^[67])—. En los documentos de referencia, esto se suele denominar «habilidades del siglo XXI» o «competencias del siglo XXI» (Voogt y Roblin, 2012^[68]), «competencias globales» (OCDE, 2019^[69]) o «la 4.ª revolución industrial» (Schwab, 2016^[70]). Se comparte la opinión de que, en la educación, el gobierno y las empresas, las habilidades y conocimientos necesarios para tener éxito en el trabajo, la vida y la ciudadanía han cambiado significativamente en el siglo XXI. Como muchas fuentes han argumentado y documentado, y se ha resumido en los documentos de planificación de PIAAC, a la población adulta se le presenta una cantidad cada vez mayor de información de naturaleza cuantitativa o matemática a través de fuentes de Internet o tecnológicas. Los nuevos medios de comunicación y tipos de servicios han cambiado la forma en la que los individuos interactúan con los gobiernos, las instituciones, los servicios y entre sí. Del mismo modo, las transformaciones sociales y económicas han cambiado, a su vez, la demanda de competencias. Se dispone de una variedad más amplia de información cuantitativa y matemática en comparación con décadas anteriores, pero esta información tiene que ser localizada, seleccionada o filtrada, interpretada, a veces cuestionada y puesta en duda, y analizada por su relevancia para las dar las respuestas necesarias.

Las implicaciones de estas destrezas y de las exigencias de las TIC del siglo XXI en la necesidad de competencia matemática de la población adulta en la vida cotidiana, como ciudadanos y como trabajadores, se analizan en los siguientes apartados.

El papel de la competencia matemática en la vida de la población adulta

El análisis de la finalidad de la competencia matemática de los adultos a menudo se ha centrado en las prácticas numéricas en el lugar de trabajo o en los resultados de la educación escolar, que se analizan en los dos apartados siguientes. En el siglo XXI, la población joven y la población adulta tienen que ser capaces de enfrentarse a los aspectos del mundo tal y como los encuentran; lo que incluye aspectos digitales y tecnológicos de la información y la sociedad, que ya consta con todo tipo de aspectos tecnológicos que interactúan con la información numérica y matemática. Por lo tanto, la atención debe centrarse también en la vida como individuo y como parte de la sociedad y la ciudadanía, y eso incluye los aspectos digitales de la información y la sociedad: la realidad es que la tecnología está ahora omnipresente en todos los ámbitos de muchas sociedades. Los servicios, las interacciones y las comunicaciones fuera del lugar de trabajo han cambiado en el siglo XXI, a menudo impulsados por los avances tecnológicos. Esto incluye procesos en línea tales como la actividad bancaria, compras, reservas, revisión de información (salud, vivienda, etc.) y la toma de decisiones basadas en esta información. También comprende el funcionamiento en el mundo burocrático (solicitud de permisos, solicitudes y procedimientos de la seguridad social, solicitud de empleo, gestión de seguros, etc.), el uso de diferentes medios de comunicación (por ejemplo, Internet, noticias en línea, Facebook, podcasts, vídeos, etc.), el uso de diferentes aspectos de la comunicación (correo electrónico, SMS, aplicaciones, redes sociales, etc.), y una serie de programas informáticos y tecnología en el hogar y en la comunidad. La tecnología ha logrado una mayor entrada e influencia en el mercado. Las influencias de las formas de comunicación social y de masas tienen implicaciones para una ciudadanía informada y participativa y, por lo tanto, para que los ciudadanos sean consumidores críticos de todas las formas de comunicación.

Además, se ha argumentado que en una sociedad en la que los medios de comunicación presentan constantemente información en forma numérica o gráfica, la capacidad de interpretar y reflexionar críticamente sobre mensajes cuantitativos y estadísticos es vital para toda la población adulta —véase (Benn, 1997^[20]; Paulos, 1988^[71]; Paulos, 1995^[72]; Steen, 1990^[11]; Utts, 2003^[73]; Willis, 1990^[39])—. Se considera esencial que todos los adultos tengan la capacidad de reflexionar críticamente sobre la información cuantitativa que se encuentra en diversas fuentes y documentos de los medios de comunicación (Frankenstein, 1989^[74]), y que reconozcan cómo ser un consumidor cuidadoso o crítico de argumentos estadísticos de diversa índole (Gal, 2002^[75]; Utts, 2003^[73]; Watson y Callingham, 2003^[76]).

Esta visión de la necesidad de adoptar una posición crítica para que una persona pueda considerarse competente en matemáticas fue adoptada por los expertos en educación de adultos a partir de su concepción de que los adultos deben ser comunicadores reflexivos y consumidores críticos de información en la sociedad a la hora de intercambiar e interpretar los mensajes encontrados en los medios de comunicación o en contextos políticos y comunitarios (Frankenstein, 1989^[74]). Por ejemplo, Johnston (1994^[31]) argumentó:

Ser competente en matemáticas es algo más que ser capaz de manipular números, o incluso de «sacar buenas notas» en matemáticas durante la etapa escolar o universitaria. La competencia matemática es una conciencia crítica que tiende puentes entre las matemáticas y el mundo real, con toda su diversidad. (p. 34)

En varios países se han realizado esfuerzos para describir formalmente el uso de la competencia matemática en la sociedad de manera más general —véase (McLean et al., 2012^[77]; Quality and Qualifications Ireland (QQI), 2016^[78]; Tertiary Education Commission, 2008^[79]; U.S. Department of Education, 2013^[80])—. En Australia, por ejemplo, dos marcos (Kindler et al., 1996^[81]; Victorian Curriculum and Assessment Authority (VCAA), 2008^[82]) propusieron cuatro grandes categorías relativas a los usos de la competencia matemática. Las cuatro categorías son *la competencia matemática para fines prácticos, la competencia matemática para interpretar la sociedad, la competencia matemática para la organización personal y la competencia matemática para el conocimiento*. La competencia matemática con fines prácticos aborda aspectos del mundo físico que implican diseñar, fabricar y calcular. La competencia matemática para interpretar la sociedad está relacionada con la interpretación y la reflexión sobre la información numérica y gráfica en documentos y textos públicos. La competencia matemática para la organización personal se centra en los requisitos de competencia matemática para los asuntos de organización personal relacionados con el dinero, el tiempo y los viajes. La competencia matemática para el conocimiento describe las habilidades matemáticas necesarias para seguir estudiando matemáticas u otras materias con fundamentos o supuestos matemáticos.

Steen (1990^[11]) desarrolló otro esquema y esbozó cinco aspectos de la competencia matemática:

- práctica, centrada en los conocimientos y destrezas matemáticas y estadísticas que pueden ponerse en práctica inmediatamente para hacer frente a las tareas de la vida cotidiana
- profesional, centrada en las habilidades matemáticas requeridas en trabajos específicos
- cívica, centrada en los beneficios para la sociedad
- recreativa, relacionada con el papel de las ideas y procesos matemáticos en los juegos, rompecabezas, deportes, loterías y otras actividades de ocio
- cultural, que se ocupa de las matemáticas como parte universal de la cultura humana (y está relacionada con la apreciación de los aspectos matemáticos, como los factores culturales o artísticos).

En general, los fines relativos al uso de la competencia matemática parecen ser coherentes y sugieren que la población adulta debe ser capaz de aplicar sus habilidades en competencia matemática (y en competencia lectora) en tareas con un fin social o personal tanto en contextos informales como en contextos más formales. Estas perspectivas complementan la propuesta de Bishop (1988^[83]) de que hay seis modos de acciones matemáticas que son comunes en todas las culturas y que pertenecen tanto a los chicos/as como a la población adulta: contar, localizar, medir, diseñar, jugar y explicar.

La competencia matemática en el lugar de trabajo

Las habilidades matemáticas y estadísticas importantes de la población adulta para el trabajo se han descrito en parte en los esfuerzos a gran escala para definir las «habilidades básicas» o las «competencias clave» que deberían tener los trabajadores; normalmente como respuesta a la necesidad de mantener la competitividad económica y mejorar la empleabilidad de los adultos y de los egresados escolares.

Además, varios proyectos analizaron específicamente las destrezas matemáticas de los trabajadores en una serie de grupos profesionales o lugares de trabajo.

Siempre se ha considerado que los conocimientos básicos de cálculo forman parte de las destrezas fundamentales que debe poseer la población adulta, pero las investigaciones recientes y la evolución del marco de competencias afirman que los trabajadores deben poseer una variedad mucho más amplia de habilidades matemáticas. Existen ejemplos en muchos países y la siguiente descripción selectiva es indicativa de la naturaleza de tales esfuerzos. En Estados Unidos —véase (Carnevale, Gainer y Meltzer, 1990^[84]; Secretary's Commission on Achieving Necessary Skills (SCANS), 1991^[85])— los estudios diferenciaban entre el dominio de las habilidades aritméticas básicas y una comprensión mucho más amplia y flexible de las destrezas matemáticas. Las destrezas de nivel superior incluían «elegir apropiadamente entre una variedad de técnicas matemáticas; utilizar datos cuantitativos para construir explicaciones lógicas de situaciones del mundo real; expresar ideas y conceptos matemáticos oralmente y por escrito; y comprender el papel del azar en la ocurrencia y predicción de sucesos» (Secretary's Commission on Achieving Necessary Skills (SCANS), 1991, p. 83^[85]). Forman y Steen (1999^[26]) argumentaron de forma similar que las habilidades cuantitativas deseadas por los empleadores son mucho más amplias que la mera facilidad con la mecánica de la suma, la resta, la multiplicación y la división y la familiaridad con los datos numéricos básicos. También incluyen algunos conocimientos de estadística, probabilidad, estrategias de cálculo mental, cierta comprensión del razonamiento proporcional o de la modelización de relaciones, y amplias destrezas en la resolución de problemas y en la comunicación sobre cuestiones cuantitativas.

El trabajo en el siglo XXI

En relación con el trabajo en el siglo XXI, la investigación está mostrando que las habilidades de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) desempeñan un papel significativo, y cada vez más importante—p. ej., (Foundation for Young Australians, 2017^[64]; PwC, 2015^[86])—. En su reciente revisión de 2017, the National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2017^[87]) sostuvo que las matemáticas están en el centro de la mayoría de las innovaciones en la economía de la información. Consideraban, además, que la competencia matemática y estadística es más necesaria que nunca para filtrar, comprender y actuar sobre la enorme cantidad de datos e información que encontramos cada día.

También, se dispone de numerosas investigaciones que han estudiado prácticas específicas de competencia matemática y de matemáticas en los lugares de trabajo, incluso en relación con las competencias del siglo XXI —por ejemplo, véase (Australian Association of Mathematics Teachers (AAMT) y Australian Industry Group (AiGroup), 2014^[88]; Bessot y Ridgway, 2000^[89]; Buckingham, 1997^[90]; Coben et al., 2010^[91]; FitzSimons, 2005^[92]; Geiger, Goos y Forgasz, 2015^[54]; Hoyles et al., 2002^[30]; Hoyles et al., 2010^[93]; Kent et al., 2011^[94]; Marr y Hagston, 2007^[95]); (Straesser, 2015^[96]; Wake, 2015^[97]; Weeks et al., 2013^[98]; Zevenbergen, 2004^[99])—. Uno de los principales resultados de la investigación es que, debido al impacto de la tecnología y de las herramientas y procesos digitales, las tareas relacionadas con la competencia matemática que realizan las personas en el trabajo implican algo más que habilidades de cálculo básicas o «manuales» y una competencia procedimental sencilla, en consonancia con la investigación anterior. Estas prácticas implican competencias y conocimientos más sofisticados para la resolución de problemas matemáticos, nuevas formas de razonamiento y pensamiento, y conllevan la capacidad de reconocer y comprometerse con unas matemáticas que están plenamente integradas en entornos laborales complejos y «desordenados». Muchas de las prácticas matemáticas y de competencia matemática en el lugar de trabajo del siglo XXI están integradas con la tecnología, en especial con las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), y han modificado profundamente lo que se considera que son los conocimientos y competencias clave que necesitan los individuos a medida que las economías y la sociedad siguen evolucionando.

Las competencias exigidas en el siglo XXI incluyen una serie de capacidades matemáticas, como la comprensión e interpretación de información gráfica, la interpretación de mediciones a partir de datos procedentes de los procesos de fabricación, el uso de hojas de cálculo, la interpretación de representaciones visuales en 3D generadas por ordenador o de imágenes virtuales, etc. Hoyles *et al.* (2010^[93]) sostienen que esta exigencia de capacidades matemáticas estará impulsada por la necesidad de mejorar los procesos de producción y la productividad; es decir, habrá una mayor demanda de lo que denominan competencia tecno-matemática:

Por lo tanto, decidimos introducir el término competencia tecno-matemática, que se desarrolla a partir de la idea de competencia matemática que se utilizó en nuestra investigación anterior... Esta competencia implica un lenguaje que no es matemático sino «tecno-matemático», donde las matemáticas se expresan a través de artefactos tecnológicos. (Hoyles et al., 2010, p. 14^[93])

En relación con la tecnología en el trabajo, un estudio australiano de 2014 sobre el uso de las matemáticas en el lugar de trabajo encontró relaciones e implicaciones similares entre las matemáticas y la tecnología:

Muchas personas en sus trabajos emplean la tecnología, sobre todo hojas de cálculo y productos gráficos. Existe una interdependencia entre las competencias matemáticas y el uso de la tecnología en el lugar de trabajo que no suele reflejarse en la práctica de enseñanza actual. La percepción es que la tecnología está transformando las prácticas en el lugar de trabajo y su uso ha cambiado las competencias matemáticas requeridas, aunque no ha reducido su necesidad. (Asociación Australian Association of Mathematics Teachers (AAMT) and Australian Industry Group (AiGroup), 2014, p. 2^[88])

El mismo informe (Australian Association of Mathematics Teachers (AAMT) and Australian Industry Group (AiGroup), 2014^[88]) constató que los trabajadores necesitaban una mezcla de las siguientes habilidades:

- capacidad para reconocer e identificar cómo y cuándo se utilizan las matemáticas en el lugar de trabajo
- comprensión de los conceptos, procedimientos y habilidades matemáticas
- comprender los tipos de tareas prácticas que deben llevar a cabo
- los procesos estratégicos que deberían ser capaces de utilizar al usar y aplicar las matemáticas.

En general, estos estudios complementan las investigaciones y los estudios anteriores, y sugieren que los empleados deben poseer una serie de destrezas o conocimientos específicos relacionados con la competencia matemática, como en las siguientes (aunque no las únicas) áreas de las matemáticas:

- cálculos rápidos y precisos, pero también estimación, y saber cuándo se requiere cada destreza y por qué
- capacidad para manejar proporciones y porcentajes
- comprender los conceptos y procedimientos de medida
- trabajar con fórmulas sencillas o crearlas
- un sentido para la utilización de modelos y de la modelización para prever las necesidades futuras
- comprender los conceptos estadísticos básicos e interpretar datos y representaciones.

Sin embargo, no son solo las exigencias de los puestos de trabajo y las prácticas del siglo XXI las que impulsan el uso de las tecnologías digitales en el entorno laboral; los propios trabajadores también utilizan la tecnología para apoyar su *pensamiento*. Es decir, no se trata solo de utilizar tecnologías y herramientas digitales para sustituir las competencias físicas o cognitivas tradicionales. En particular, las herramientas digitales condicionan cada vez más las formas de razonar, actuar y trabajar de los trabajadores jóvenes (Jorgensen Zevenbergen, 2010^[100]; Zevenbergen, 2004^[99]). Al mismo tiempo, estas nuevas formas de pensar y actuar están reconfigurando las prácticas de estructuración y despliegue de habilidades en los

lugares de trabajo. Zevenbergen sostiene que esto permite a la población joven trabajadora resolver a menudo los problemas de forma más inventiva que sus compañeros más experimentados.

Además, en un plano más amplio y menos técnico, estos estudios sostienen que los trabajadores deben ser capaces de tomar decisiones ante la incertidumbre en situaciones reales, priorizar las acciones y elegir el enfoque de la gestión de las diferentes tareas, en función de las cambiantes demandas externas. Del mismo modo, es necesario que los trabajadores sean capaces de comunicarse con otros trabajadores o clientes o de entender la documentación escrita (por ejemplo, mediante texto o con tablas, cuadros y gráficos) sobre cuestiones como cantidades, calendarios, variación en el tiempo, resultados de las proyecciones cuantitativas o el análisis de las diferentes líneas de actuación al respecto. Estos resultados se hacen eco de las anteriores distinciones realizadas por el análisis SCANS ante la necesidad de atender tanto a las destrezas aritméticas básicas como a las destrezas matemáticas más elaboradas y complejas en el puesto de trabajo, incluyendo las formas de razonar y pensar, estableciendo relaciones entre los diferentes aspectos de las matemáticas, y también poniendo de relieve algunas áreas en las que las destrezas específicas de competencia lectora y de comunicación se entrelazan con habilidades de competencia matemática.

Matemáticas escolares frente a las matemáticas cotidianas o en el puesto de trabajo

En las últimas décadas también se ha acumulado importante documentación de investigación sobre la forma en que las personas utilizan las destrezas matemáticas o se enfrentan a las tareas matemáticas tanto en contextos formales (es decir, en centros educativos) como informales —p. ej., (Carraher, Carraher y Schliemann, 1985^[101]; Nunes, 1992^[102]; Nunes, Schliemann y Carraher, 1993^[103]; Presmeg, 2007^[104]; Resnick, 1987^[105]; Rogoff y Lave, 1984^[106]; Saxe y Gearhart, 1988^[107])—. Aunque es demasiado complejo para discutirlo en detalle en este documento —ver Greeno (2003^[108]), en una de las revisiones de esta bibliografía, se destaca, entre otros aspectos, el carácter situacional del conocimiento matemático utilizado en contextos funcionales y la necesidad de que los agentes en diferentes contextos desarrollen procedimientos y conocimientos matemáticos específicos para cada situación.

La investigación sugiere que, tanto para la población adulta como para la infantil, el conocimiento matemático se desarrolla dentro y fuera del centro educativo —(Lave, 1988^[53]; Saxe, 1992^[109]; Saxe et al., 1996^[110]; Schliemann y Acioly, 1989^[111])—. Saxe y sus colaboradores han escrito sobre la importancia de la práctica cultural en el desarrollo del pensamiento matemático y sobre cómo dichas prácticas influyen profundamente en las construcciones cognitivas y las ideas matemáticas de un individuo. Esto depende, por ejemplo, de los dispositivos o herramientas que se utilizan, de la naturaleza de los sistemas de medida de cada cultura, de los dispositivos de conteo o cálculo (ábaco, calculadora) que se emplean, de la distribución del trabajo entre los miembros de la familia o de los patrones y tipos generales de la actividad social.

Además, numerosos investigadores —p. ej., (FitzSimons y Coben, 2009^[112]; Kent et al., 2007^[113]; Marr y Hagston, 2007^[95]; Straesser, 2003^[114]; Wedege, 2004^[115]; Wedege, 2010^[116]; Williams y Wake, 2006^[117])— han argumentado, basándose en análisis etnográficos de las actividades de los trabajadores en diversos sectores, que partes importantes de las actividades matemáticas en el trabajo se hacen «invisibles» tanto para los observadores ocasionales como para los propios trabajadores, o se enmascaran bajo un aspecto no matemático. Esto significa que las matemáticas pueden ser fundamentales para actividades que no son aparentemente matemáticas. Esta cuestión resulta más evidente en el uso de la tecnología en el puesto de trabajo, donde las herramientas digitales utilizadas para llevar a cabo las tareas a menudo ocultan la actividad matemática subyacente. Como Kent et al. (2007^[113]) sostiene, las situaciones tecno-matemáticas en los puestos de trabajo «evolucionan desde la fluidez en la realización de procedimientos matemáticos explícitos con lápiz y papel hasta la fluidez en el uso e interpretación de los resultados de los sistemas y programas informáticos, y de los modelos matemáticos desplegados en ellos» (p. 2-3). Partiendo de este

punto, Wedege (2010^[116]) define dos formas de matemáticas invisibles. Por una parte, las matemáticas subjetivamente invisibles en las que las personas no reconocen las matemáticas que hacen como matemáticas y, por la otra, las matemáticas objetivamente invisibles en las que las matemáticas se ocultan bajo la tecnología.

Se han sugerido varios factores como causa de este fenómeno, como la encapsulación de muchas actividades matemáticas en rutinas o procedimientos automatizados; el uso de herramientas e instrumentos o tecnología de la información (por ejemplo, hojas de cálculo); el uso normativo de términos lingüísticos específicos del trabajo que son diferentes de los términos escolares tradicionales; o la división del trabajo entre los trabajadores.

Sobre la base de estos hallazgos y otros relacionados, muchos informes afirman que las destrezas matemáticas tal y como se utilizan en el puesto de trabajo son a menudo diferentes y de mayor alcance que las que tradicionalmente se enseñan en los centros educativos, pero, asimismo, adoptan diferentes formas en función del contexto de laboral específico —p. ej., (Australian Association of Mathematics Teachers (AAMT) and Australian Industry Group (AiGroup), 2014^[88]; Marr y Hagston, 2007^[95])—. El estudio australiano citado anteriormente (Australian Association of Mathematics Teachers (AAMT) and Australian Industry Group (AiGroup), 2014^[88]) sobre el uso de las matemáticas en el puesto de trabajo resume gran parte de esta investigación:

Aunque las destrezas observadas parecen ser fundamentales, lo que no es sencillo es su uso y aplicación en contextos laborales. (p. 1)

Este informe describe con más detalle las diferencias entre el uso de las matemáticas en los centros educativos y en el puesto de trabajo:

Las matemáticas se aplican tanto en tareas rutinarias como complejas que requieren un uso sofisticado de las destrezas matemáticas fundamentales y de los procedimientos de «juicio» o «resolución de problemas». Las matemáticas en el puesto de trabajo se aplican de forma diferente a las matemáticas en el centro educativo. Las exigencias matemáticas pueden estar presentes implícitamente en las tareas del puesto de trabajo, a menudo a través de tareas que aparentemente no son matemáticas. (Australian Association of Mathematics (AAMT) and Australian Industry Group (AiGroup), 2014, p. 2^[88])

Esto concuerda con investigaciones anteriores de Steen en Estados Unidos:

«Las matemáticas en el puesto de trabajo hacen un uso sofisticado de las matemáticas elementales y no un uso elemental de las matemáticas sofisticadas, como en el aula. Las matemáticas relacionadas con el trabajo son ricas en datos, intercalan conjeturas, dependen de la tecnología y están vinculadas a aplicaciones prácticas. Los contextos profesionales suelen requerir soluciones de varios pasos a problemas abiertos, un alto grado de precisión y el debido respeto a las tolerancias requeridas. Ninguna de estas características se encuentra en los típicos ejercicios de clase.» (Steen, 2004, p. 55^[118])

Hay que destacar que el sentido del número sigue siendo la base de gran parte del pensamiento matemático necesario, incluida la fluidez y la flexibilidad en los cálculos mentales y en las estimaciones.

La conceptualización actualizada de la competencia matemática para el Ciclo 2 de PIAAC se derivó de los tipos de competencia matemática y de las exigencias matemáticas, tal como se describe en este apartado. Sin embargo, se ha asumido que no es factible emplear preguntas de evaluación demasiado específicas relacionadas con el puesto de trabajo (por ejemplo, redactadas en el contexto de un único puesto de trabajo u ocupación) porque las matemáticas o la estadística, tal como se utilizan en este contexto, pueden no resultar visibles ni familiares para la mayoría de los demás adultos (Hoyles et al., 2002^[30]).

Perspectivas escolares sobre la competencia matemática y la participación cívica informada

En los últimos años se ha intensificado el diálogo sobre los objetivos y el impacto de la educación de las matemáticas en centros escolares. Esto se debe en parte a las presiones económicas y a las expectativas del sector, por un lado, pero también a la constatación de que los conocimientos y las destrezas matemáticas cumplen múltiples y distintas funciones de acceso, por otro. En concreto, las competencias matemáticas afectan a las posibilidades de acceso a las principales ramas profesionales (principalmente en ciencia, tecnología y economía) y pueden afectar a la empleabilidad y a la participación de la población activa, subrayando algunos aspectos importantes de la participación cívica. Pueden además repercutir en las posibilidades de igualdad y movilidad social de determinados grupos de la población. Si bien es cierto que, el diálogo sobre estas cuestiones se solapa en cierta medida con los puntos planteados anteriormente al debatir el papel de la competencia matemática en la sociedad, merece la pena profundizar en por qué aporta algunos puntos adicionales y amplía la comprensión de los contextos en los que se exigen destrezas matemáticas a la población adulta.

A lo largo de las últimas décadas se han esgrimido diversos argumentos para apoyar la ampliación de las concepciones sobre las habilidades y conocimientos matemáticos que deben poseer los graduados de los centros educativos y, las formas en que los conocimientos aprendidos sirven a la población adulta. Por ejemplo, Ernest distingue seis tipos diferentes de conocimientos y capacidades matemáticas en lo tocante a los resultados/efectos de la formación matemática en los centros educativos (Ernest, 2004, p. 317^[119]). No se trata de que se consideren mutuamente excluyentes, sino que constituyen un conjunto de enfoques diferentes para la formación matemática:

- conocimiento utilitario
- conocimientos prácticos relacionados con el trabajo
- conocimientos especializados avanzados
- aprecio por las matemáticas
- confianza matemática
- empoderamiento social a través de las matemáticas.

Además de la tercera capacidad, «conocimientos especializados avanzados», que suele ser un elemento clave para las matemáticas de los centros educativos, las otras cinco categorías son compatibles y coherentes con los argumentos anteriores sobre cómo la población adulta puede utilizar las matemáticas en su vida y ser individuos, trabajadores y ciudadanos con conocimientos numéricos.

Los educadores que trabajan tanto con alumnado de centros educativos como con personas adultas se proponen cada vez más ayudar a los estudiantes a desarrollar conceptos y habilidades matemáticas de forma que tengan tanto un significado personal como también funcional. Estos enfoques suelen asumir que a menudo hay más de una forma correcta de enfrentarse a una tarea funcional del mundo real, y que la población adulta necesita acceder a un repertorio de estrategias para resolver problemas funcionales. Se fomentan y valoran los métodos personales de los adultos para el uso de las matemáticas. Esto supone una diferencia significativa con respecto a la enseñanza tradicional de las matemáticas de los centros educativos (antes de la reforma), en la que a menudo se esperaba que el alumnado resolviera un problema siguiendo un único método o algoritmo correcto, presentado por los docentes.

Hace varias décadas ya empezaron a surgir ideas en diferentes países de que, puesto que las matemáticas son un aspecto esencial en la sociedad, la educación matemática en los centros educativos debería derivarse de situaciones cotidianas de la vida en la familia, el trabajo, la comunidad y otros contextos, o preparar al alumnado para ellas (National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), 2000^[120]; Willis, 1990^[39]), más allá del deseo de los empleadores de centrarse sobre todo en las habilidades matemáticas prácticas o específicas del trabajo. Dos primeros ejemplos influyentes fueron las recomendaciones del Comité Cockcroft en Reino Unido [Department of Education and Science/Welsh Office (1982^[44])], y el

trabajo de Freudenthal en Países Bajos, que dio lugar al movimiento de la Educación Matemática Realista (van den Heuvel-Panhuizen y Gravemeijer, 1991^[121]). En las dos o tres últimas décadas, muchos países han adoptado marcos de educación para la población adulta que prestan especial atención a las destrezas matemáticas.

De hecho, el diálogo sobre las distintas demandas de conocimiento en la población adulta se ha reflejado en parte en el énfasis que se ha puesto en PISA en la evaluación de la comprensión matemática y la lectura científica. Dichos conceptos se refieren, en términos generales, a la preparación del alumnado de los centros educativos para entrar en los contextos de la vida de los adultos; es indicativo que hayan sido elegidos para ser el foco de evaluación en vez de las nociones más tradicionales de conocimientos formales basados en el currículo en las áreas de matemáticas o ciencias evaluadas principalmente en estudios anteriores.

Una perspectiva sobre las implicaciones digitales y tecnológicas del siglo XXI

Como se ha señalado anteriormente, ser matemáticamente diestro en el siglo XXI significa ser capaz de enfrentarse a los aspectos del mundo tal y como lo encontramos, lo que incluye los aspectos digitales y tecnológicos de la información y la sociedad (la sociedad en general ya tiene todo tipo de aspectos tecno-matemáticos). El análisis del marco de competencia matemática de PIAAC de 2017 descubrió que las tecnologías digitales del siglo XXI proporcionan herramientas y procesos que median en el pensamiento, así como en la acción, y no son solo dispositivos que puedan utilizarse únicamente para completar tareas manuales y prácticas de una manera más eficiente. Estas herramientas y procesos a menudo cambian la propia tarea de la competencia matemática transformando así los procedimientos en la vida de los adultos y en el puesto de trabajo. El uso y la aplicación de una serie de capacidades tecno-matemáticas sustentan gran parte de esto.

Este aspecto de las representaciones y herramientas del siglo XXI estuvo ausente en gran parte de los debates sobre el marco de la competencia matemática del Ciclo 1 de PIAAC y no se reflejaba adecuadamente en la definición y después en las elaboraciones. Esto se aborda explícitamente en los nuevos ajustes y mejoras del marco en la competencia matemática y en el concepto que se describe más adelante en este documento.

Sin embargo, es importante reconocer que, al abordar esta cuestión, PIAAC es un estudio sobre las competencias de la población adulta en **todos los** aspectos de la vida, y no solo sobre el puesto de trabajo y el empleo, sino también sobre la participación en actuaciones de competencia matemática y matemáticas en ambientes muy tecnológicos. Es esencial que se mantenga un equilibrio entre las actividades de competencia matemática en entornos digitales y tecnológicos y las integradas en otros medios no digitales; entre las demandas y situaciones de competencia matemática que se dan como individuo y las que se encuentran como parte de la sociedad; y entre los entornos de trabajo y empleo y las actividades en el hogar y la familia. Desde el punto de vista de la evaluación de la competencia matemática en PIAAC, esto puede abordarse en parte por la necesidad de mantener, como tendencia, algunas de las preguntas de competencia matemática ya existentes en la evaluación ALL, que se desarrollaron originalmente a finales del siglo pasado y con base tecnológica escasa, al igual que una serie de preguntas de PIAAC del Ciclo 1. Por lo tanto, los nuevos ítems del Ciclo 2 pueden contener un conjunto de preguntas nuevas más orientadas a las representaciones digitales del siglo XXI.

Al abordar la competencia matemática en la vida de la población adulta, se hizo referencia a un conjunto de descripciones formales de la competencia matemática para el currículo de adultos y jóvenes, en las que el uso de la competencia matemática se describió mediante cuatro grandes categorías (Kindler et al., 1996^[81]; Victorian Curriculum and Assessment Authority (VCAA), 2008^[82]). Las cuatro categorías son: la *competencia matemática para fines prácticos*, la *competencia matemática para interpretar la sociedad*, la *competencia matemática para la organización personal* y la *competencia matemática para el conocimiento*.

Estas categorías se utilizaron para reflexionar sobre cómo estos diferentes usos y finalidades podrían interactuar con la información y la tecnología digital. La Tabla 3.1 muestra algunas de las posibles relaciones entre las prácticas de competencia matemática y la información y tecnología digital del siglo XXI.

Tabla 3.1. Cuatro categorías de uso de la competencia matemática y sus relaciones con la tecnología

Categoría	Relacionado con	Relación con la información y tecnología digital
La competencia matemática con fines prácticos	Aspectos del mundo físico que implican diseñar, fabricar y medir	por ejemplo, muchos aspectos de la medición son ahora digitales: teodolitos, inclinómetros, equipos médicos/monitores, etc. por ejemplo, los aspectos de diseño están ahora disponibles en forma digital, a través de programas informáticos como el diseño asistido por ordenador (CAD) o programas de diseño en línea para la planificación de cocinas y casas
La competencia matemática para interpretar la sociedad	Interpretar y reflexionar sobre la información numérica y gráfica de documentos y textos públicos	por ejemplo, gran parte de la información cuantitativa se presenta en formatos digitales y gráficos, a menudo de naturaleza dinámica, incluyendo el uso de hojas de cálculo para el análisis. Incluso programas informáticos comunes como Word disponen de sofisticadas opciones gráficas y de datos por ejemplo, el uso de datos información estadística y probabilística a través de medios de comunicación social y de masas para la publicidad, la difusión de noticias e información política, etc.
La competencia matemática para la organización personal	Requisitos de competencia matemática para asuntos de organización personal relacionados con el dinero, el tiempo y los viajes	por ejemplo, agendas digitales, banca en línea, compras y planificación en línea, GPS y mapas de Google
La competencia matemática para el conocimiento	Destrezas matemáticas necesarias para seguir estudiando matemáticas u otras materias con fundamentos o postulados matemáticos	El grado de inclusión de la tecnología depende de los programas de estudio: algunos son intensivos en tecnología, otros no tanto. Pero a menudo se espera que la persona sea capaz de utilizar y trabajar con herramientas digitales y tecnológicas sofisticadas, incluyendo calculadoras, software, etc.

La reflexión anterior sobre el uso de la competencia matemática indica una fuerte interrelación e imbricación de la información digital y tecnológica con el uso de las competencias lectora y matemática en la vida de la población adulta. La presencia constante de los medios de comunicación social y de masas también tiene implicaciones para una ciudadanía informada y participativa, en concreto la necesidad de que los ciudadanos sean consumidores críticos de dichos medios. Esta cuestión de la conexión de la competencia matemática con la información digital y tecnológica se abordará explícitamente en las posteriores descripciones, elaboraciones y dimensiones de la competencia matemática en el Ciclo 2 de PIAAC.

Otras cuestiones de la investigación derivadas del documento de análisis

La sección de investigación en el documento de revisión del marco de PIAAC (Tout et al., 2017^[11]) planteó un número importante de desafíos y señaló la necesidad de considerar cuidadosamente las revisiones del marco de competencia matemática de PIAAC y la elaboración de nuevas preguntas de evaluación. La revisión no solo tuvo en cuenta las nuevas investigaciones, sino también las diferentes descripciones y modelos para representar y describir la competencia matemática. A continuación se examinan algunas de ellas.

El documento de revisión de 2017 consideró el marco de la competencia matemática de PISA 2012 y sus descripciones (OCDE, 2013^[122]). Cabe señalar que se utilizó el mismo marco y el mismo concepto de evaluación para los dos siguientes ciclos de PISA en 2015 y 2018.

Sin embargo, en la edición de PISA de 2021, la competencia matemática vuelve a ser el dominio principal y, por lo tanto, se está actualizando y revisando el marco y el concepto de evaluación en el ámbito de PISA. Este análisis se produjo de forma paralela a la elaboración de este marco de competencia

matemática para el Ciclo 2 de PIAAC. El Grupo de expertos en competencia matemática de PIAAC pudo acceder a una copia del segundo borrador del Marco de Matemáticas de PISA 2021 (OCDE, 2018^[123]) en noviembre de 2018. Debido a los problemas de calendario, la mayoría de las comparaciones entre la competencia matemática de PIAAC y la competencia matemática de PISA se han basado, por lo tanto, en una comparación del marco y las descripciones de PISA 2012, pero cuando ha sido posible, el NEG de PIAAC también ha incluido comentarios y comparaciones con el marco actualizado de competencia matemática de PISA 2021. Cabe señalar que, por lo tanto, es posible que la información relativa a la competencia matemática de PISA 2021 pueda variar con respecto a la que figuraba en el segundo borrador del documento marco.

Las definiciones de la competencia matemática en los marcos PISA de 2012 y 2021 son muy similares y coherentes, con algunos cambios y actualizaciones para reflejar algunas perspectivas nuevas. Las dos definiciones se muestran a continuación.

Cuadro 3.1. Definiciones de la competencia matemática en PISA

Definición de la competencia matemática de PISA 2012-2018

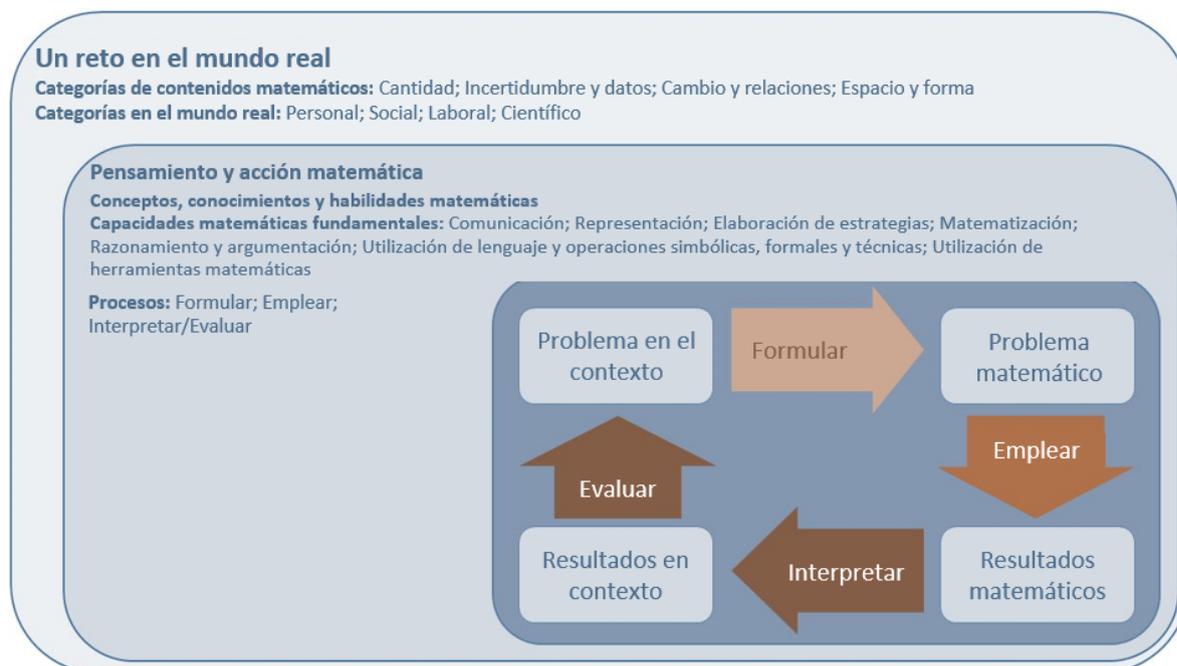
La competencia matemática es la capacidad de un individuo para formular, emplear e interpretar las matemáticas en diversos contextos. Incluye el razonamiento matemático y la utilización de conceptos, procedimientos, hechos e instrumentos matemáticos para describir, explicar y predecir fenómenos. Ayuda a los individuos a reconocer el papel que las matemáticas desempeñan en el mundo y a tomar los juicios y decisiones con fundamento que necesitan los ciudadanos constructivos, comprometidos y reflexivos. (OCDE, 2013, p. 25^[122])

Definición de la competencia matemática de PISA 2021

La competencia matemática es la capacidad de un individuo de razonar matemáticamente y de formular, usar e interpretar las matemáticas para resolver problemas en diversos contextos del mundo real. Incluye conceptos, procedimientos, hechos e instrumentos para describir, explicar y predecir fenómenos. Ayuda a las personas a conocer el papel que desempeñan las matemáticas en el mundo y a juzgar y tomar decisiones fundadas, tal y como necesitan los ciudadanos constructivos, comprometidos y reflexivos del siglo XXI. (OCDE, 2018, p. 8^[123])

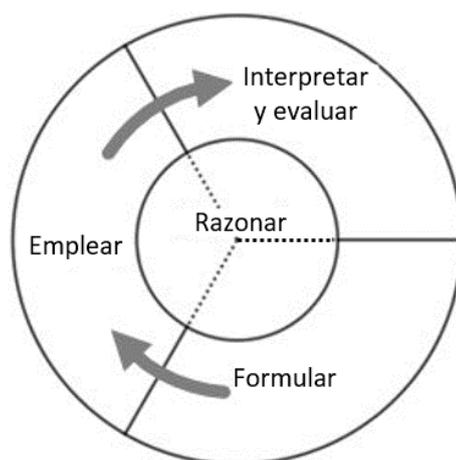
La definición y descripción de la competencia matemática de PISA 2012 (OCDE, 2013^[122]) se basaba en un modelo que suponía que, cuando los individuos utilizan las matemáticas y las herramientas matemáticas para resolver problemas planteados en una situación del mundo real, pasan por una serie de etapas, tal como se representa en el Gráfico 3.2 (OCDE, 2013, p. 26^[122]).

Figura 3.2. El modelo PISA 2012 de competencia matemática en la práctica



Sin embargo, la definición y descripción de la competencia matemática de PISA 2021 ha ampliado el modelo anterior de PISA 2012, y se basa en un modelo que comprende dos aspectos relacionados: el razonamiento matemático y la resolución de problemas. Cuando los individuos utilizan las matemáticas y las herramientas matemáticas para resolver problemas planteados en una situación del mundo real, pasan por una serie de etapas, tal como se representa en el Gráfico 3.3 (OCDE, 2018, p. 9₍₁₂₃₎).

Figura 3.3. El modelo PISA 2021 de competencia matemática: la relación entre el razonamiento matemático y el ciclo de resolución de problemas (modelización)



Los procesos de *formulación*, *empleo*, *interpretación* y *evaluación* siguen siendo componentes clave del ciclo de modelización matemática que ha sustentado el concepto de competencia matemática en PISA desde sus inicios. El proceso de razonamiento matemático se ha añadido como componente explícito en

2021 para destacar la centralidad del razonamiento matemático en la resolución de problemas prácticos. El aspecto del razonamiento matemático de PISA denomina estos mecanismos de comprensión «conocimientos clave»:

- entender la cantidad, los sistemas numéricos y sus propiedades algebraicas
- entender las matemáticas como un sistema basado en la abstracción y el uso de la representación simbólica
- ver la estructura y las regularidades matemáticas
- reconocer relaciones funcionales entre las cantidades
- utilizar modelos matemáticos como una ayuda para el mundo real
- entender la varianza como el corazón de la estadística (OCDE, 2018, p. 16_[123]).

Tal y como se describe en el borrador del marco de PISA 2021, estas habilidades de razonamiento parecen centrarse principalmente en las habilidades de razonamiento *dentro* del mundo de las matemáticas, y *el razonamiento matemático* se considera una habilidad o proceso independiente de los tres procesos de resolución de problemas: *formular, emplear, interpretar y evaluar*. Como se analiza más adelante en la quinta sección, esto ilustra el interés de PISA en la capacidad del alumnado de 15 años para utilizar y aplicar las destrezas y los conocimientos matemáticos basados en el currículo, mientras que este tipo de conocimiento matemático más formal no se evalúa generalmente en PIAAC.

La descripción y definición de la competencia matemática de PIAAC puede aprender de las definiciones, descripciones y modelos de PISA en relación con la necesidad de resaltar las diferentes habilidades y procesos de resolución de problemas, incluidas las habilidades de razonamiento, y el ser crítico (juzgar y tomar decisiones con buen fundamento) enmarcado en el uso de modelos matemáticos como una ayuda para el mundo real. Las relaciones entre los marcos de PIAAC y PISA y sus descripciones y conceptos se analizan con más detalle en la quinta sección: *Relación entre PIAAC y PISA*.

En el Gráfico 3.4 se ilustra otro modelo existente para la competencia matemática en el siglo XXI, que intenta captar la naturaleza polifacética, y especialmente la dimensión crítica, del uso de las matemáticas para actuar en el mundo real. Este modelo incorpora cuatro dimensiones de entornos/contextos, conocimientos matemáticos, herramientas y disposiciones que se inscriben en una orientación crítica del uso de las matemáticas (Goos, Geiger y Dole, 2014, p. 84_[124]). Estas dimensiones se describen con más detalle en otras publicaciones —p. ej., (Geiger, Goos y Dole, 2014_[125]; Goos, Geiger y Dole, 2014_[124])—. Aunque se ha desarrollado principalmente para ser utilizado prioritariamente en los programas de formación del profesorado y competencia matemática en el plan de estudios, el modelo y sus componentes guardan cierta coherencia tanto con el modelo PISA como con el marco de PIAAC.

Figura 3.4. Modelo para la competencia matemática en el siglo XXI



Tanto los modelos PISA y sus conjuntos de procesos como este modelo para la competencia matemática en el siglo XXI plantean algunas cuestiones que deben considerarse en la reelaboración de la definición del Ciclo 1 y la elaboración de la competencia matemática para el Ciclo 2 de PIAAC.

A partir de la investigación y revisión de los aspectos conceptuales y teóricos de la competencia matemática de la población adulta, la revisión de 2017 recomendó que había cuatro cuestiones relacionadas que debían abordarse explícitamente en la actualización y el refinamiento de la definición y descripción del marco de PIAAC existente:

- disposición para utilizar las matemáticas
- la capacidad de ver las matemáticas en una situación de competencia matemática
- reflexión crítica
- grado de precisión.

Otra cuestión que se planteó en el documento de revisión y que es relevante aquí es la cuestión de la autenticidad, que también se comenta a continuación.

Disposición para utilizar las matemáticas

La cuestión del criterio de una persona sobre cómo utilizar las matemáticas (o no) para resolver un problema de competencia matemática es una cuestión importante que hay que abordar. La cuestión de la elección o la disposición a la hora de abordar y resolver un problema de competencia matemática es un factor importante a tener en cuenta en el uso y aplicación de las matemáticas por parte de una persona adulta en una situación del mundo real (Geiger, Goos y Dole, 2014^[125]; Goos, Geiger y Dole, 2014^[124]). ¿Son capaces los individuos de decidirse a usar las matemáticas cuando sea pertinente y apropiado? Esto también puede relacionarse con la ansiedad por las matemáticas y la disposición negativa del individuo hacia las matemáticas y su decisión de evitar el uso de las mismas, incluso cuando es apropiado. La investigación sobre la ansiedad ante las matemáticas está bien documentada y demuestra que puede tener un impacto significativo en el rendimiento en matemáticas —p. ej., véase: (Buckley, 2013^[126]; Ma, 1999^[127]; Tobias, 1993^[128])—.

Hay tres aspectos potencialmente relacionados con la cuestión de la disposición en relación con la resolución de un problema de competencia matemática en el que se espera que una persona adulta utilice y aplique algún tipo de conocimiento matemático en una situación del mundo real:

- utilizar otros medios distintos de las matemáticas para resolver un problema cuando las matemáticas deberían haber sido el enfoque más obvio y sensato;
- utilizar las matemáticas formales cuando otros métodos de búsqueda de sentido serían más eficientes; o
- evitar hacer nada en absoluto y no intentar resolver el problema de competencia matemática en cuestión.

Esta cuestión de la disposición se aborda de forma más explícita en los comentarios sobre la elaboración de la competencia matemática, el comportamiento y las prácticas matemáticas al final de esta sección.

Observar las matemáticas en una situación de competencia matemática

Las investigaciones indican que un aspecto importante del comportamiento matemático de una persona es su capacidad de «ver» o notar cuando las matemáticas están integradas en una situación del mundo real: cómo reconocer las matemáticas y dar el siguiente paso y actuar en consecuencia. La capacidad de ver las matemáticas en la vida cotidiana en la que se desenvuelve la población adulta es una cuestión importante en relación con el hecho de tener habilidad numérica, para vincular potencialmente las matemáticas que aprendieron en el centro educativo con las matemáticas integradas en una situación del mundo real (Maguire y Smith, 2016^[129]; Roth, 2012^[130]). Esta cuestión también se identifica como importante en la investigación sobre la competencia matemática en el lugar de trabajo, por ejemplo, en el cálculo de la dosis de medicamentos (Weeks et al., 2013^[98]).

Ver las matemáticas como una opción en una situación de competencia matemática se relaciona con aspectos de dos de los procesos descritos como parte del ciclo de resolución de problemas 2021 de PISA para la alfabetización matemática: *Razonamiento matemático* y *Formulación*. En relación con el *Razonamiento Matemático*, antes de resolver un problema, los estudiantes necesitan «utilizar su conocimiento del contenido matemático para reconocer la naturaleza matemática de una situación» (OCDE, 2018, p. 9^[123]). PISA también describe la *Formulación* como: «ver que las matemáticas pueden aplicarse para comprender o resolver un problema o reto concreto que se presente» (pág.12).

Como se argumentará más adelante, el aspecto de ser capaz de ver y acceder a las matemáticas integradas en una situación de tipo numérico y de convertir el problema en un problema matemático que pueda resolverse se aborda explícitamente en el marco de competencia matemática revisado y en el concepto de evaluación a través de la nueva dimensión cognitiva.

Reflexión crítica y acción

Aunque el marco actual menciona la noción de reflexión crítica en la faceta *Respuestas* en su elaboración del comportamiento matemático, tener una orientación o reflexión crítica son aspectos de la competencia matemática que podrían enfatizarse y describirse más a fondo. Es importante que los individuos, en su vida como ciudadanos y trabajadores, revisen de forma crítica las matemáticas utilizadas y los resultados obtenidos para reflexionar y cuestionar las implicaciones en el mundo real, para ser capaces de realizar un seguimiento con acciones apropiadas y para juzgar y tomar decisiones. La orientación crítica también consiste en apoyar un argumento o una posición con pruebas matemáticas o en rebatir el argumento o la posición de otra persona u organización.

Esta capacidad de reflexionar críticamente y actuar se menciona y describe explícitamente en algunos modelos y marcos —p. ej., (Geiger, Goos y Forgasz, 2015^[54]; Goos, Geiger y Dole, 2014^[124])—. El tercer proceso de resolución de problemas en el ciclo de resolución de problemas de la alfabetización matemática de PISA, que se denomina *Interpretar y evaluar*, incluye elementos de reflexión crítica: la necesidad de reflexionar y argumentar en el contexto, de evaluar la pertinencia de las soluciones y de criticar e identificar los límites de los modelos utilizados. Asimismo, el nuevo aspecto de *razonamiento matemático* de PISA

2021 incluye la evaluación y la elaboración de argumentos, para evaluar interpretaciones e inferencias relacionadas con enunciados y soluciones de problemas (OCDE, 2013^[122]; OCDE, 2018^[123]).

Grado de precisión y tolerancias

El marco de competencia matemática del Ciclo 1 de PIAAC no abordaba explícitamente la cuestión del grado de precisión o exactitud que puede requerirse en la solución de un problema matemático. Se espera que una persona con competencia matemática utilice la estimación y otras habilidades para comprobar los resultados y decidir el grado adecuado de precisión requerido para resolver un problema. Esto es especialmente cierto en un entorno laboral, donde la precisión, la exactitud y el trabajo dentro de las tolerancias específicas pueden ser fundamentales. Por otro lado, en otras situaciones y aplicaciones, hay casos en los que tener competencia matemática no es un componente crítico (p. ej., en relación con algunas competencias espaciales, en la interpretación y el análisis de gráficos/datos, o para calcular cantidades, donde una estimación del orden de magnitud puede ser suficiente).

Autenticidad, integración y exigencias de lectura relacionadas con el texto

Otra cuestión planteada en el documento de análisis se refiere a la cuestión de la autenticidad y, como se menciona en la Introducción, el NEG investigó más a fondo las cuestiones relacionadas con la integración, el comportamiento y las prácticas matemáticas. Se referían a la relación existente entre el contexto del mundo real en el que están integradas las matemáticas y las actividades de las personas como individuos, ciudadanos, miembros de la familia o trabajadores. Esto puede significar que la forma en que se utilizan las matemáticas para manejar una tarea está fundamentalmente moldeada por el contexto en el que se emplea (Turner et al., 2009^[131]). Esto incluye las influencias socioculturales que permiten o limitan la acción en entornos cívicos, personales o laborales. Desde este punto de vista, existe una clara separación entre el conocimiento matemático del centro educativo, cómo se enseña, se aprende y se practica, y el uso de este conocimiento fuera del centro. Como señala Harris (1991^[132]):

En el trabajo [. . .] la actividad matemática surge dentro de las tareas prácticas, a menudo a partir de la instrucción oral de un supervisor y siempre con un propósito obvio que no tiene nada que ver con que los números salgan bien. Así, los estudiantes a los que se les ha enseñado a reaccionar ante órdenes aisladas, abstractas y escritas en el lenguaje especializado y las figuras cuidadosamente controladas de una clase de matemáticas en el centro educativo, se encuentran con instrucciones habladas urgentes, cuando no gritadas, en un contexto y un código completamente diferentes. (p. 138)

Yasukawa, Brown y Black (2013^[133]) establecen una clara relación entre la integración y la práctica social, argumentando que las prácticas de competencia matemática no pueden entenderse independientemente de los contextos sociales, culturales, históricos y políticos. Ilustran este punto haciendo la comparación entre estudiantes que llevan a cabo los cálculos individualmente, usando papel y bolígrafo y quizás una calculadora, y el uso de las matemáticas en el supermercado, en el que los mismos cálculos se llevan a cabo en una caja registradora manejada por el cajero. En esta situación, el comprador podría realizar una estimación para evitar que le cobren de más. Sin embargo, el dependiente se preocupa igualmente de cobrar al cliente el precio correcto y de registrar con exactitud los ítems vendidos a través de la caja registradora. Los cálculos son fundamentalmente los mismos, pero el objetivo, que está relacionado con el contexto, es diferente.

La autenticidad de las tareas de evaluación y los problemas de palabras en la educación matemática ha sido investigada y documentada —p. ej., véase (Hoogland et al., 2018^[134]; Palm, 2006^[135]; Palm, 2008^[136]; Palm, 2009^[137]; Stacey, 2015^[138]; Verschaffel et al., 2009^[139])—. En PIAAC es importante que los estímulos y las preguntas se basen en estímulos o escenarios auténticos y que las preguntas que se formulen sean las que alguien querría que se respondieran. Aunque esto está relacionado con debates más amplios sobre una evaluación auténtica (Palm, 2008^[140]), el programa de evaluación de PIAAC se centra en la

autenticidad del estímulo utilizado y de las preguntas formuladas. Esto coincide con lo que Palm describe como el «contexto figurativo», en el que el contexto utilizado en la evaluación representa una situación tomada de la vida real que ha ocurrido o podría ocurrir. PIAAC se interesa por la capacidad de los individuos para enfrentarse a tareas integradas en el mundo real, en lugar de evaluar tareas matemáticas descontextualizadas. Esto contrasta con los problemas matemáticos tradicionales de los centros educativos, que a menudo no tienen en cuenta ni desafían la capacidad de razonamiento del alumnado y solo siguen distanciando a los estudiantes del mundo real y de la utilidad y el valor de las matemáticas. La NEG cree que la evaluación de competencia matemática de PIAAC debe promover la idea de que el valor de las matemáticas está en su relación con las cosas del mundo real, mientras que los problemas verbales suelen hacer lo contrario. Otra razón para que PIAAC utilice situaciones reales en sus preguntas es para fomentar una disposición más positiva hacia la resolución de problemas matemáticos relevantes y comprometidos, y no de problemas verbales irrelevantes y sin sentido como los que se pueden encontrar en las clases de matemáticas de los centros escolares.

Por lo tanto, los contextos de competencia matemática de PIAAC y las preguntas se desarrollan buscando e identificando situaciones y tareas de diferentes países que proporcionen estímulos reales y, a continuación, redactando series de preguntas que contengan la información de los estímulos. A partir de la descripción y la comprensión de la competencia matemática en PIAAC, se han hecho intentos deliberados por evitar lo que tradicionalmente se considera como problemas verbales de los centros educativos, basados en el currículo, que a menudo son artificiales y tienen poca relevancia o autenticidad en el mundo real.

Sin embargo, las situaciones y escenarios reales que implican conceptos matemáticos, y sus estímulos y materiales relacionados, a menudo son complejos, y esto supone un reto. En relación con los componentes textuales y las exigencias de lectura, hay una serie de cuestiones vinculadas con la intersección entre comprensión lectora y competencia matemática y, el papel que los aspectos de comprensión lectora desempeñan en la resolución de un problema matemático. Se reconoce claramente en la descripción de la competencia matemática y su desarrollo, tal como se refleja en el esquema de complejidad de PIAAC (Grupo de Expertos en Alfabetización numérica de PIAAC, 2009^[2]; Tout et al., 2020^[141]), que la competencia en comprensión lectora es un aspecto integral e importante de la competencia matemática. Efectivamente, en la sociedad y en los lugares de trabajo que ocupa la población adulta, las tareas y los retos no se dividen claramente ni se presentan como tareas discretas de «comprensión lectora» y «competencia matemática». Las situaciones y exigencias del mundo real traspasan este tipo de límites definidos por el sistema educativo.

La realidad es que, al utilizar situaciones auténticas como base para las tareas de evaluación de la competencia matemática, en las que las matemáticas están integradas en un entorno real, la información y los datos asociados pueden ser muy complicados, poco familiares e implicar una gran carga de lectura. Esto puede suponer un reto al tratar de enfocar la evaluación en las destrezas y el conocimiento de competencia matemática. De ahí que un objetivo clave en el proceso de desarrollo de las preguntas sea hacer que la redacción de las preguntas de competencia matemática sea lo más sencilla y directa posible, para ayudar a minimizar las exigencias de comprensión lectora.

Las investigaciones recientes que comparan sistemáticamente las tareas de evaluación matemática descriptiva con representaciones características de las situaciones problemáticas mediante el uso de ilustraciones y fotos y minimizando el uso de palabras (Hoogland et al., 2016^[142]; 2018^[134]) ofrecen una indicación de que incluso el uso de ilustraciones e imágenes de apoyo simples podría mejorar el rendimiento en un pequeño margen.

Grandes ideas de las matemáticas

Como se ha presentado en la primera sección, *Grandes Ideas en Matemáticas*, se trata de describir ideas matemáticas poderosas que son fundamentales para el aprendizaje de las matemáticas y que vinculan numerosos conceptos matemáticos en un todo coherente —p. ej., véase (Charles, 2005^[6]; Hurst, 2014^[7]; Hurst y Hurrell, 2014^[8]; Kuntze et al., 2009^[9]; Steen, 1990^[11])—. Inicialmente, el término «grandes ideas» se refería a la forma en que la información matemática puede clasificarse de manera diferente en comparación con el contenido de la programación didáctica tradicional de matemáticas. Steen (1990^[11]), por ejemplo, identificó seis grandes categorías relativas a: cantidad, dimensión, patrón, forma, incertidumbre y cambio. Rutherford y Ahlgren (1990^[143]) describieron redes de ideas relacionadas: números, formas, incertidumbre, resumen de datos, muestreo y razonamiento. Jones y sus colegas (2002^[5]) ofrecen un resumen de las principales contribuciones de la investigación en lo que denominan *ideas matemáticas poderosas*, que incluyen los siguientes dominios: número entero y operaciones, números racionales, geometría, probabilidad, análisis de datos y pensamiento algebraico y, otros dominios poco representados. Podría decirse que tener competencia matemática significa utilizar los contenidos de todos estos dominios no solo como procedimientos (comprensión instrumental), sino de forma crítica y significativa.

Charles (2005^[6]) define Grandes Ideas como «un enunciado de una idea que es central para el aprendizaje de las matemáticas y que vincula numerosos conceptos matemáticos en un todo coherente» Esta opinión también la comparten otros autores como Hurst y Hurrell (2014^[8]). En su artículo, rastrean la noción de Grandes Ideas en matemáticas hasta el trabajo de Bruner (1960^[144]), que inspiró la definición de Clark (2011^[145]) de que una Gran Idea es una «carpeta de archivos cognitiva» que podemos llenar con «una cantidad casi ilimitada de información» (Clark, 2011, p. 32^[145]). Las Grandes Ideas se convirtieron en estructuras conceptuales (o esquemas) que pueden utilizarse para establecer un marco de referencia de competencia matemática en el que el contenido puede caracterizarse por sus múltiples relaciones. Como afirman Bruner (1960^[144]), Hurst y Hurrell (2014^[8]), Clark (2011^[145]) y otros autores, las Grandes Ideas pueden convertirse en puentes para la transferencia del aprendizaje.

Grandes Ideas en matemáticas también pueden referirse a procesos (Kuntze et al., 2009^[9]) en los que se incluyen procesos como: Ordenar; Clasificar; Tratar la variación y la incertidumbre; Encontrar argumentos y pruebas; Formalizar; Modelar; Generar y utilizar algoritmos, entre otros. Las Grandes Ideas también se han visto como un vehículo potencial para hacer de la educación matemática un estudio coherente y vinculado. Las descripciones de la enseñanza eficaz de las matemáticas —p. ej., (Ma, 1999^[146]; Sullivan, 2011^[147])— y la investigación relacionada (Askew et al., 1997^[148]; Boaler y Humphreys, 2005^[149]; Clarke y Clarke, 2004^[150]) también se refieren sistemáticamente a la necesidad de que el profesorado perciba las matemáticas como un todo coherente y conectado. En el estudio *Effective Teachers of Numeracy* (Askew et al., 1997^[148]), también se apoyó este punto de vista, ya que los profesores altamente eficaces creían que tener habilidad numérica requiere «tener una rica red de relaciones entre diferentes ideas matemáticas». Esto contrasta con la forma en que el conocimiento del contenido matemático se reduce a menudo a listas de puntos específicos en los marcos curriculares que Askew denomina «muerte por mil cortes» diciendo que «se dedica demasiado esfuerzo a especificar el conocimiento que los docentes necesitan tener» (Askew, 2008, p. 21^[151]). Hurst y Hurrell (2014^[8]), citando a Charles (2005^[6]), afirman que las «Grandes Ideas» nos permiten ver las matemáticas como un conjunto coherente de ideas, para fomentar una comprensión profunda de las mismas.

Estas perspectivas de Grandes Ideas de las matemáticas proporcionan una idea global e integradora de las matemáticas y de cómo se utilizan las matemáticas en el mundo, es decir, se trata de enmarcar y ver las matemáticas como algo que establece relaciones con el mundo real, que es lo que sustenta la competencia matemática en PIAAC. Se podría sugerir que contar con habilidades numéricas, tal y como se define en el marco de la competencia matemática de PIAAC, está relacionado con la idea de ser capaz de acceder, utilizar, interpretar y comunicar la información matemática en torno a lo que la comunidad

científica internacional denomina Grandes Ideas en matemáticas.

Hacia una definición y descripción de la competencia matemática para el Ciclo 2 de PIAAC

Llegar a un consenso sobre una definición de la competencia matemática que se ajuste a un programa internacional de evaluación es una tarea difícil. En primer lugar, como se ha señalado anteriormente, existen diversas connotaciones específicas en cada país en cuanto a la competencia matemática, si es que existe tal término en el idioma local. En segundo lugar, existen conceptos que se solapan o compiten entre sí, como la alfabetización cuantitativa, la alfabetización matemática, la matemática funcional, etc. — p. ej., véase (Gal y Tout, 2014^[3]; Hagedorn et al., 2003^[152]; Tout y Gal, 2015^[37]; Tout y Schmitt, 2002^[38])—. En tercer lugar, el intento de debatir la definición y el significado de competencia matemática se complica por el hecho de que las distintas partes interesadas ya la ven a través de un filtro determinado impuesto por los aspectos históricos y culturales, ya sean organizativos, sociales, económicos o lingüísticos, de los sistemas en los que trabajan. Por ejemplo, algunas de las concepciones existentes de la competencia matemática fueron desarrolladas por educadores que trabajan en sistemas de enseñanza infantil, mientras que otras partes interesadas vinculan el término de competencia matemática solo a las competencias relacionadas con la población adulta.

Toda la gama de capacidades de competencia matemática

Como se indica en la introducción, es fundamental señalar que la evaluación de conocimientos de competencia matemática de PIAAC pretende describir toda la gama de competencias matemáticas de la población adulta. Esto abarca, en un extremo, a la población adulta que tiene una formación de nivel universitario y, en el otro, a la población adulta que tiene un nivel educativo muy bajo (por ejemplo, que abandonaron los estudios a los 15 años o antes). Al mismo tiempo, abarca a la población adulta joven que todavía está estudiando y a la población que terminó su educación oficial unos 30-50 años antes de realizar la evaluación. Como tal, incorpora una amplia gama de competencias y conocimientos matemáticos y cuantitativos, y no se basa en una visión estrecha de la competencia matemática que la considera solo relacionada con números y operaciones aritméticas. Esto se ampliará más adelante en el capítulo.

Constructo de evaluación de la competencia matemática en el Ciclo 2 de PIAAC

En esta sección se definen, describen y elaboran los distintos aspectos que se evaluarán, y eventualmente se informará sobre ellos, como parte de la evaluación de la competencia matemática en PIAAC. Estos aspectos o características de la evaluación se denominaron facetas en ALL y en el Ciclo 1 de PIAAC, pero en el Ciclo 2 de PIAAC se denominan dimensiones, lo que es coherente con la terminología utilizada en la comprensión lectora en PIAAC.

En las primeras subsecciones se examina el perfeccionamiento de la definición y la descripción de la competencia matemática desde ALL hasta el Ciclo 1 de PIAAC y, a continuación, la nueva definición y descripción para este segundo Ciclo de PIAAC. Si se desea consultar la evolución de las definiciones y de la competencia matemática, es conveniente leer el marco del Ciclo 1 de PIAAC (PIAAC Numeracy Expert Group, 2009^[2]) o consultar el documento de trabajo de la OCDE que compara los marcos de PISA y PIAAC (Gal y Tout, 2014^[3]).

A continuación, se presenta una definición actualizada y mejorada de la competencia matemática para el Ciclo 2 de PIAAC, basada en la investigación y el análisis detallados en la segunda sección, seguido de un estudio de las dimensiones del comportamiento y las prácticas matemáticas, incluidas las dimensiones básicas que componen la evaluación de la competencia matemática. Esto nos lleva a las siguientes

subsecciones, en las que se elabora, describe y define el concepto de la evaluación en su totalidad.

El informe de análisis de 2017 hizo una serie de recomendaciones sobre la definición del concepto de competencia matemática y las prioridades para el desarrollo del marco de evaluación de la competencia matemática en el segundo ciclo de PIAAC. Muchas de las recomendaciones surgieron a partir de la preocupación de que el marco y la evaluación del Ciclo 1 existentes no reflejaban algunas de las realidades de las habilidades y los conocimientos que la población adulta necesita para tener éxito en el trabajo, la vida y la ciudadanía en el siglo XXI. Estos temas se han documentado en las discusiones de la sección anterior. La revisión y este documento, junto con las definiciones y elaboraciones resultantes han dado lugar a una mejora del marco y del constructo de la competencia matemática para el Ciclo 2 de PIAAC, además de agrupar los dos marcos conceptuales y de evaluación anteriores, con todo el conocimiento acumulado desarrollado en relación con las encuestas anteriores sobre la competencia matemática de la población adulta. El marco resultante y su definición asociada, las conclusiones y el constructo de evaluación se detallan a continuación.

La competencia matemática en la encuesta ALL

La conceptualización de la competencia matemática para la primera encuesta internacional sobre la competencia matemática de la población adulta, la encuesta sobre la comprensión lectora y las destrezas para la vida de la población adulta (ALL: Adult Literacy and Lifeskills) fue desarrollada en 1998-2000 por un equipo internacional (Gal et al., 2005^[28]). Era la primera vez que había que definir el constructo de competencia matemática en un contexto de evaluación comparativa y no puramente en un contexto educativo.

La competencia matemática se conceptualizó y describió en ALL como un constructo mucho más amplio que la alfabetización cuantitativa que se había evaluado en la anterior Encuesta Internacional de Alfabetización de Adultos (IALS: International Adult Literacy Survey). La Comprensión Lectora Cuantitativa se describió en la IALS como el conocimiento y las habilidades necesarias para aplicar las operaciones aritméticas a los números incluidos en materiales impresos. En ALL se argumentó que la competencia matemática requiere respuestas más variadas (ordenar, contar, estimar, calcular, medir, interpretar, explicar) en una gama más amplia de información matemática (cantidad, dimensión y forma, patrón, cambio y relaciones, datos y azar) que puede estar incluida en el texto en diversos grados.

Consciente de la complejidad y la naturaleza multifacética del constructo de la competencia matemática, el equipo de ALL desarrolló una conceptualización de tres niveles que intentaba reflejar las perspectivas clave de la competencia matemática, por un lado, pero también permitir el funcionamiento del constructo en una escala de evaluación, por otro. Los tres niveles son una breve definición de competencia matemática, una definición más elaborada del comportamiento matemático, ambas presentadas a continuación, y una lista detallada de los componentes de las facetas del comportamiento matemático (Gal et al., 2005^[28]).

La competencia matemática es el conocimiento y las habilidades necesarias para manejar y responder eficazmente a las demandas matemáticas de diversas situaciones.

El comportamiento matemático se observa cuando las personas gestionan una situación o resuelven un problema en un contexto real; implica responder a la información sobre ideas matemáticas que pueden representarse de diversas maneras; requiere la activación de una serie de conocimientos, factores y procesos habilitantes.

El equipo de competencia matemática de ALL consideró que eran necesarias definiciones breves y otras más elaboradas, dadas las necesidades de una evaluación comparativa. Una definición breve es esencial para simplificar la comunicación con los agentes responsables, como los formuladores de políticas y los expertos. Sin embargo, como ocurre con la mayoría de las definiciones breves de constructos complejos,

el lenguaje utilizado es general y abstracto, por lo que la definición no puede ser explícita sobre lo que una persona competente en matemáticas puede hacer en una evaluación. Teniendo esto en cuenta, se elaboró una definición más detallada del comportamiento matemático como forma de destacar las diferentes facetas o dimensiones que el equipo de competencia matemática de ALL consideraba subyacentes al comportamiento matemático.

La ventaja de utilizar una definición más elaborada del comportamiento matemático reside en que es más explícita sobre lo que abarca la competencia matemática, y por lo tanto sirve como trampolín para desarrollar unas especificaciones reales de la evaluación. Es importante señalar también que la definición de comportamiento matemático apunta a la presencia de factores tanto cognitivos como no cognitivos que subyacen o permiten un comportamiento y unas prácticas matemáticas eficaces. Lo ideal es que se cubran tanto los aspectos cognitivos como los no cognitivos del comportamiento matemático para generar una imagen completa respecto a la competencia descrita por esta visión de la competencia matemática. Sin embargo, hay que reconocer que el componente de evaluación directa de PIAAC solo puede evaluar los aspectos cognitivos del comportamiento matemático y que los aspectos no cognitivos solo pueden abordarse de forma indirecta a través de las respuestas a las preguntas sobre el uso de las competencias y los datos recogidos sobre los antecedentes de los encuestados.

La competencia matemática en el Ciclo 1 de PIAAC

El desarrollo de la conceptualización y la definición de la competencia matemática para PIAAC pasó por varias etapas de trabajo y consulta. Un grupo de expertos designado para desarrollar el diseño general de la evaluación de PIAAC presentó en el verano de 2006 recomendaciones provisionales sobre todas las competencias que debían evaluarse en PIAAC (Gal, 2006^[153]; Jones, 2006^[154]; Murray, 2006^[155]; Tout, 2006^[156]) y, a continuación, propuso definir la competencia matemática como «*La capacidad de utilizar, aplicar y comunicar la información matemática*». Posteriormente, los participantes en el Canada-OECD Expert Technical Workshop on Numeracy, que se reunieron en noviembre de 2006 en Ottawa, examinaron diversas perspectivas sobre la competencia matemática y su evaluación; a continuación, se propuso una definición de trabajo provisional de la competencia matemática para PIAAC y se incluyó en un proyecto de marco distribuido para su revisión externa (Gal, 2006^[153]). El Numeracy Expert Group de PIAAC, nombrado en abril de 2008, se encargó de seguir desarrollando el marco de competencia matemática, y en octubre de 2008 publicó un marco revisado para que lo examinaran todos los países participantes.

En general, el trabajo de desarrollo del marco de competencia matemática para el Ciclo 1 de PIAAC, junto con la escala de evaluación y el banco de preguntas relacionadas, se llevó a cabo con dos objetivos algo contradictorios en mente. Uno de ellos era la necesidad de mantener la compatibilidad con la conceptualización de la competencia matemática en la encuesta ALL, dada la necesidad de que PIAAC proporcionase datos de tendencias relacionados con los resultados de ALL. Por esta razón, PIAAC se diseñó con la especificación de que aproximadamente el 60 % de las tareas de competencia matemática que se emplearían en la evaluación final procederían del banco de preguntas utilizadas en ALL. El otro objetivo era la necesidad de ampliar la definición de ALL a la luz de la conceptualización general de PIAAC de «competencias de comprensión lectora en la era de la información», y considerar los usos nuevos o emergentes de la competencia matemática en el mundo de la población adulta.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, la competencia matemática se definió para el Ciclo 1 de PIAAC de la siguiente manera:

La competencia matemática es la capacidad de acceder, utilizar, interpretar y comunicar información e ideas matemáticas, con el fin de implicar y gestionar las exigencias matemáticas de una serie de situaciones en la vida de las personas adultas.

Esta definición recoge los elementos esenciales de numerosas conceptualizaciones de la competencia

matemática en la bibliografía existente y es compatible con la definición utilizada para ALL y aporta una base sólida a partir de la cual desarrollar una evaluación para PIAAC donde se destaquen las competencias en la era de la información. La inclusión de «implicar» en la definición señalaba que no solo las competencias cognitivas, sino también los elementos disposicionales, es decir, las creencias y las actitudes, son necesarias para enfrentarse de forma eficaz y activa a las situaciones matemáticas.

Al igual que en el caso de ALL, la definición de competencia matemática elaborada para el Ciclo 1 de PIAAC no debía considerarse por sí sola, sino que, de nuevo, debía ir acompañada de una definición más detallada del comportamiento matemático y donde se especificasen mejor las denominadas facetas de dicho comportamiento. Esta vinculación se consideró esencial no solo para describir la competencia matemática, sino también para permitir la funcionalidad del constructo de competencia matemática en una evaluación real, y para ampliar la comprensión de los términos clave que aparecen en la propia definición. En consecuencia, para el Ciclo 1 de PIAAC se adoptó una definición de comportamiento matemático similar en términos generales a la utilizada en la encuesta ALL, pero más breve:

*El **comportamiento matemático** implica la gestión de una situación o la resolución de un problema en un contexto real, respondiendo a contenidos/informaciones/ideas matemáticas representadas de múltiples maneras.*

Al igual que en el caso de ALL, se definieron y describieron cada una de las diferentes facetas incluidas en la definición de la competencia matemática y en el desarrollo del comportamiento matemático. Esto incluía las mismas facetas que ALL: *contextos respuestas; ideas/contenido matemático; y representaciones.*

Definición de competencia matemática para el Ciclo 2 de PIAAC

A partir de lo expuesto en la sección anterior: *Fundamentos conceptuales y teóricos*, el NEG del Ciclo 2 de PIAAC desarrolló y acordó una nueva definición de competencia matemática para el Ciclo 2 de PIAAC:

*La **competencia matemática** consiste en **acceder, utilizar y razonar críticamente** sobre **contenido, información e ideas matemáticas representadas de múltiples maneras** con el fin de participar y gestionar las exigencias matemáticas de **una variedad de situaciones** de la vida adulta.*

En esta definición actualizada y en el desarrollo que sigue, se incluyen cuatro *dimensiones* básicas (antes llamadas facetas) descritas y utilizadas en el Ciclo 2 de PIAAC:

- procesos cognitivos
- contenido
- representaciones
- contextos.

Los principales cambios

Palabras o términos clave que han cambiado o se han introducido en la nueva definición:

- Se ha suprimido el uso del término *habilidad*
- *acceder, utilizar y razonar críticamente* se ha usado en sustitución de *acceder, utilizar, interpretar y comunicar*
- *representado de múltiples maneras* se ha introducido en la definición.

El uso del término *habilidad* puede implicar que se trata de una *habilidad «innata»* que algunas personas

pueden no poseer. El NEG (Numeracy Expert Group) cree firmemente que todas las personas adultas (y chicos/as) tienen la capacidad de aprender matemáticas con éxito y aplicarlas con aprovechamiento en sus vidas y, por lo tanto, tener competencias numéricas.

A partir de las opiniones e investigaciones expuestas en la sección anterior y planteadas en el informe de análisis, el NEG ha reelaborado sustancialmente la antigua faceta de *Respuesta (acceder, utilizar, interpretar y comunicar)*, y la ha sustituido por una descripción y desarrollo más completo, que ahora se denomina la dimensión central de *Procesos Cognitivos*. En la descripción se incluyen tres clasificaciones:

- acceder a situaciones y evaluarlas matemáticamente (evaluar, identificar, acceder y representar)
- actuar y utilizar las matemáticas (ordenar, contar, estimar, calcular, medir, representar gráficamente y dibujar)
- evaluar, reflexionar críticamente, emitir juicios (evaluar, reflexionar, justificar y explicar).

Esto se ha hecho a la luz de una serie de resultados de la investigación anterior, tanto por el nuevo NEG, pero también a partir de las recomendaciones formuladas en el documento de análisis de 2017. Las principales influencias han consistido en la necesidad de incorporar el aspecto de ser capaz de «observar» las matemáticas en una situación del mundo real, y de incluir un aspecto crítico, la capacidad de razonar y hacer juicios. Esta dimensión se ha podido utilizar de forma más explícita para impulsar el desarrollo de la evaluación y el NEG cree que esto ha mejorado en gran medida el banco de preguntas, ayudando a abordar varias de las preocupaciones expresadas en el documento de análisis. También ayudará a desarrollar y redactar las descripciones de las escalas una vez que los datos y los resultados estén disponibles. Esta dimensión, junto con las demás dimensiones básicas, se desarrolla en la siguiente sección.

El tercer aspecto del desarrollo anterior en ALL y PIAAC, que se ha añadido y explicitado al incluirla en la nueva definición, es la de la *representación*. Aunque se incluyó en los trabajos anteriores, no formaba parte de la definición y no ayudó a impulsar el desarrollo de las preguntas. Una vez más, para abordar las cuestiones arriba mencionadas, y sobre todo debido a los cambios en la forma en que se presenta la información matemática y cuantitativa en el siglo XXI, se ha introducido la *representación en múltiples formas*. Se nombra y describe bajo cuatro clasificaciones:

- texto o símbolos
- imágenes de objetos físicos
- información estructurada
- aplicaciones dinámicas.

Estas dos últimas clasificaciones han permitido al NEG, y por lo tanto a los redactores de las preguntas, abordar explícitamente la cuestión de la digitalización del siglo XXI y los materiales y representaciones de base tecnológica, como los sitios web interactivos, las infografías, las calculadoras en línea, las hojas de cálculo, etc.

Las otras facetas del Ciclo 1 de ALL y PIAAC, el *contenido* y *los contextos* se mantienen, aunque se han realizado cambios en sus etiquetas y descripciones. Todas estas dimensiones básicas se nombran y desarrollan a continuación, en la siguiente sección.

Desarrollo del comportamiento y las prácticas matemáticas

Al igual que en los ciclos anteriores, en la definición se desarrolla el concepto del comportamiento matemático, que se incluye en el Cuadro 3.2. Este cuadro enumera en primer lugar los componentes de evaluación directa de las cuatro dimensiones básicas de la definición. Dichos componentes se explican con más detalle en la siguiente subsección. Además, en la parte inferior del Cuadro 3.2 también se enumeran varios factores y procesos no cognitivos y habilitadores, cuya activación se vincula con el

comportamiento matemático y con unas prácticas matemáticas satisfactorias. La mayoría de estos factores y procesos facilitadores aparecían en el marco conceptual de ALL y en el Ciclo 1 de PIAAC. En general, la definición de competencia matemática y la descripción de comportamiento matemático, con los detalles que figuran en el Cuadro 3.2 y las explicaciones adicionales de las dimensiones básicas que se añaden en la siguiente sección, aportan la estructura y la hoja de ruta para el desarrollo de las evaluaciones de la competencia matemática como parte del Ciclo 2 de PIAAC.

Cuadro 3.2. Comportamiento y prácticas matemáticas: aspectos clave y sus componentes

La **competencia matemática** es la capacidad de un individuo para...

1. **acceder, utilizar y razonar críticamente**

- acceder a situaciones y evaluarlas matemáticamente (evaluar, identificar, acceder y representar)
- actuar y utilizar las matemáticas (ordenar, contar, estimar, calcular, medir, representar gráficamente y dibujar)
- evaluar, reflexionar críticamente, emitir juicios (evaluar, reflexionar, justificar y explicar)

2. con **contenido matemático**

- cantidad y número
- espacio y forma
- relación y cambio
- datos y azar

3. **representados de múltiples maneras**

- texto o símbolos
- imágenes de objetos físicos
- información estructurada
- aplicaciones dinámicas

4. para participar y gestionar las exigencias matemáticas de una **serie de situaciones** de la vida adulta:

- personal
- laboral
- social/comunidad.

La competencia matemática de un individuo se basa en la activación de varios factores y procesos facilitadores:

- conocimiento del contexto/mundo y familiaridad
- competencias de comprensión lectora
- disposición, creencias y actitudes
- prácticas y experiencias relacionadas con la competencia matemática.

Factores y procesos favorables

La competencia matemática en la población adulta se manifiesta a través de sus respuestas a la información o a las ideas matemáticas que pueden estar representadas en una situación o que pueden aplicarse a la situación en cuestión. Está claro que el comportamiento matemático implicará un intento de comprometerse con una tarea y no delegarla en otros ni afrontarla ignorando intencionadamente su contenido matemático. Sin embargo, el comportamiento matemático no solo depende de las competencias cognitivas o de la base de conocimiento, sino también de varios factores y procesos facilitadores que se enumeran en el Cuadro 3.2.

Como se indica en la segunda sección, incluso en la discusión sobre *comportamiento y prácticas matemáticas*, la conceptualización en PIAAC sobre la competencia matemática se produce en dos niveles. Por un lado, la competencia matemática se visualiza como concepto que describe la capacidad de un individuo para resolver problemas matemáticos, y también como el comportamiento y la práctica matemática, que es la forma en que se manifiesta la competencia matemática de una persona ante situaciones o contextos que tienen elementos matemáticos o conllevan información de carácter cuantitativo.

Por lo tanto, sostenemos que la competencia matemática, tal y como se describe en PIAAC, se compone tanto de elementos cognitivos (es decir, diversas bases de conocimiento y competencias) como de elementos no cognitivos o semicognitivos (es decir, actitudes, creencias, hábitos mentales y otras disposiciones) que, en su conjunto, contribuyen a configurar el comportamiento y las prácticas matemáticas de una persona. En relación con esto, en la elaboración del comportamiento matemático se incluyen cuatro factores facilitadores no cognitivos o semicognitivos:

- conocimiento del contexto/mundo y familiaridad
- competencias de comprensión lectora
- disposición, creencias y actitudes
- prácticas y experiencias relacionadas con la competencia matemática.

En concreto, los procesos de capacitación implican la integración del conocimiento matemático y la comprensión conceptual con el razonamiento más amplio, las habilidades en la resolución de problemas y las competencias de comprensión lectora. Además, tanto el comportamiento y las prácticas matemáticas como el compromiso autónomo con las tareas de competencia matemática dependen de las disposiciones (creencias, actitudes, hábitos mentales, etc.) y de las experiencias y prácticas previas que una persona adulta aporta a cada situación. A continuación se resumen brevemente. La mayoría de estos factores y procesos facilitadores también han sido descritos por Kilpatrick, Swafford y Findell (2001^[157]) como parte de su análisis del constructo de alfabetización matemática, y fueron examinados con más detalle y considerados relevantes para la descripción de la competencia matemática de la población adulta en el análisis de Ginsburg, Manly y Schmitt (2006^[29]).

Cabe señalar que la evaluación directa mediante la prueba de competencia matemática en PIAAC hace hincapié principalmente en los aspectos cognitivos del comportamiento matemático, tal y como se enmarca en la primera parte del Cuadro 3.2, es decir, los conocimientos y destrezas de competencia matemática y matemáticos que sustentan la respuesta a las preguntas de la prueba y que están mediadas por materiales escritos, sin apoyo oral, en el contexto de una evaluación formal. Los aspectos no cognitivos del comportamiento matemático se abordan indirectamente a través de otros componentes de la evaluación de PIAAC, concretamente a través de las preguntas sobre el uso de las habilidades y el cuestionario de antecedentes exhaustivo.

Conocimiento del contexto/mundo y familiaridad

La correcta interpretación de la información matemática o de los mensajes cuantitativos por parte de la

población adulta depende de su capacidad para situar los mensajes en un contexto y acceder a su conocimiento del mundo, además de basarse en sus experiencias y prácticas personales. El conocimiento del mundo también apoya los procesos generales de comprensión lectora y es fundamental para poder «dar sentido» a cualquier mensaje. Por ejemplo, la capacidad de la población adulta para dar sentido a las afirmaciones estadísticas o a los gráficos basados en los medios de comunicación dependerá de la información que puedan extraer del mensaje sobre el trasfondo del estudio o los datos de los que se habla. A la hora de interpretar las afirmaciones estadísticas realizadas por periodistas, publicistas y similares, el conocimiento del contexto es el principal determinante para que el lector esté familiarizado con las fuentes de variación y error, y esto ayuda a imaginar por qué puede producirse una diferencia entre grupos (como en un experimento médico o educativo), o qué interpretaciones alternativas pueden existir para los hallazgos comunicados sobre una asociación o correlación entre determinadas variables. Asimismo, el conocimiento del mundo es un requisito previo para permitir la reflexión crítica sobre los mensajes estadísticos y para comprender las implicaciones de los resultados comunicados.

Cada persona tendrá entornos y aplicaciones muy diferentes en los que podrá utilizar y aplicar sus conocimientos matemáticos con mayor comodidad y confianza, lo que a menudo está relacionado con su familiaridad con el contexto real y con las matemáticas que están integradas en la situación en cuestión. Esto está relacionado con el debate de la sección anterior sobre las prácticas de competencia matemática, la autenticidad y la naturaleza integrada de las matemáticas en un contexto de competencia matemática. Encontrar la situación problemática o el escenario adecuado para cada individuo de manera que pueda demostrar su comprensión de los conceptos matemáticos será un reto en una evaluación como la de PIAAC. Por lo tanto, es importante no tener contextos, especialmente en el lugar de trabajo, que sean demasiado técnicos o tan inhabituales que la mayoría de la población adulta que se enfrente a ese estímulo y a las preguntas no esté en absoluto familiarizada con el contexto, y se vea potencialmente excluida de participar y responder a la pregunta. Este es uno de los principales retos a la hora de redactar las preguntas para PIAAC: que sean todas relativamente accesibles y realistas para todos los encuestados, pero aun así con un amplio rango de dificultad y complejidad.

Competencias en comprensión lectora

Se reconoce claramente en la descripción de la competencia matemática y sus desarrollos, y luego se refleja en el esquema de complejidad de PIAAC (PIAAC Numeracy Expert Group, 2009^[2]; Tout et al., 2020^[141]), que la comprensión lectora es un aspecto integral e importante de la competencia matemática. Ciertamente, en la sociedad y en los lugares de trabajo que ocupa la población adulta, las tareas y los retos no se dividen claramente ni se presentan como tareas discretas de «comprensión lectora» y «competencia matemática». Las situaciones y exigencias del mundo real traspasan este tipo de límites definidos por la educación.

La realidad es que, al utilizar situaciones auténticas como base para las tareas de evaluación de competencia matemática, en las que las matemáticas forman parte de un entorno real, la información y la alfabetización informacional asociados pueden ser muy complicados y suponer potencialmente una gran carga de lectura. En los casos en los que las «representaciones matemáticas» implican un texto, el rendimiento en las tareas de competencia matemática dependerá no solo de los conocimientos matemáticos o estadísticos formales, sino también de las competencias lectoras, de las estrategias de lectura y de las experiencias previas de experiencia literaria. Por ejemplo, seguir un procedimiento de cálculo descrito en un texto (como las instrucciones para calcular los gastos de envío o añadir los impuestos en un formulario de pedido) puede requerir estrategias de lectura especiales, ya que el texto se presenta muy conciso y estructurado. Asimismo, el análisis de las relaciones matemáticas descritas con palabras requiere competencias interpretativas específicas, como en el sencillo caso de reconocer la similitud entre «el precio se duplicó» y «el precio fue el doble», pero los diferentes significados implicados por «los niveles de producción fueron constantes en los últimos cinco años» y «los niveles de producción

aumentaron constantemente en los últimos cinco años».

Esto plantea problemas a la hora de intentar centrar la evaluación en las competencias y conocimientos de competencia matemática. De ahí que un objetivo clave en el proceso de desarrollo de las preguntas sea hacer que la redacción de las preguntas de competencia matemática sea lo más sencilla y directa posible, para ayudar a minimizar las exigencias de comprensión lectora. Las investigaciones recientes que comparan sistemáticamente las competencias de evaluación descriptivas con representaciones más depuradas de las situaciones problemáticas mediante el uso de ilustraciones y fotos, y la minimización del uso de las palabras (Hoogland et al., 2016^[142]; 2018^[134]), nos indican que incluso el uso de simples ilustraciones e imágenes de apoyo podrían hacer más accesibles los contextos y las preguntas. Lowrie y Diezmann (2009^[158]) también investigaron el impacto de los gráficos e ilustraciones de apoyo en las preguntas de las pruebas de competencia matemática, y argumentaron que el diseño de las preguntas de evaluación matemática es más probable que sea una indicación fiable del rendimiento del alumnado, si los componentes gráficos, lingüísticos y contextuales se consideran tanto de forma aislada como integrada como elementos esenciales del diseño de la tarea.

Disposición, creencias y actitudes

La cuestión de la elección o la disposición a la hora de abordar y resolver un problema de competencia matemática es un factor importante a tener en cuenta en el uso y la aplicación de las matemáticas por parte de la población adulta en una situación del mundo real; se abordó en la segunda sección, incluso en el sub apartado sobre *Comportamiento y prácticas matemáticas*. La literatura de investigación sugiere que la forma en que una persona responde a una tarea de competencia matemática, incluyendo las acciones manifiestas, así como los procesos de pensamiento interno y la adopción de una postura crítica, dependen no solo de sus conocimientos y competencias, sino también de su disposición y actitud hacia las matemáticas. Las actitudes negativas hacia las matemáticas, las creencias sobre las propias destrezas matemáticas, los hábitos mentales y las experiencias previas que implican tareas con contenido matemático son factores clave que influyen en la integración y el rendimiento en matemáticas, junto con las creencias sobre las matemáticas y sobre para qué y para quién son (Geiger, Goos y Dole, 2014^[125]; Goos, Geiger y Dole, 2014^[124]; Lave, 1988^[53]; Saxe, 1992^[109]; Schliemann y Acioly, 1989^[111]). ¿Son capaces los individuos de decidirse a usar las matemáticas cuando sea pertinente y apropiado?

Esto también está relacionado con la ansiedad matemática. En algunas culturas, algunas personas adultas, incluidos los de alto nivel educativo, deciden que no son «buenos con los números» o tienen otros sentimientos o autopercepciones que suelen atribuirse a experiencias previas negativas que han tenido como estudiantes de matemáticas. Estas actitudes y creencias contrastan con la deseada sensación de «estar en casa con números» (Cockcroft, 1982^[44]) y pueden interferir en la motivación para desarrollar nuevas habilidades matemáticas o para abordar tareas relacionadas con las matemáticas, y también pueden afectar al rendimiento en las pruebas (McLeod, 1992^[159]). La investigación sobre la ansiedad ante las matemáticas está bien documentada y demuestra que puede tener un impacto significativo en el rendimiento en matemáticas —p. ej., véase: (Buckley, 2013^[126]; Ma, 1999^[127]; Tobias, 1993^[128])—.

En contextos del mundo real, la población adulta con un autoconcepto matemático negativo puede optar por evitar un problema con elementos cuantitativos y matemáticos, abordar solo una parte del mismo o preferir delegar un problema, por ejemplo, pidiendo ayuda a un familiar o a un vendedor. Estas decisiones o acciones pueden servir para reducir la carga mental y emocional (Gal, 2000^[27]). Sin embargo, estas acciones pueden evitar la implicación personal con las exigencias matemáticas de las tareas del mundo real, lo que conlleva consecuencias negativas, por ejemplo, no ser capaz de lograr plenamente los objetivos.

Prácticas y experiencias relacionadas con la competencia matemática

Lo expuesto en el apartado anterior sobre la investigación y las cuestiones relativas a los comportamientos y prácticas matemáticas, así como la relación entre las matemáticas en los centros educativos y en el lugar de trabajo, demuestra que el comportamiento y las prácticas matemáticas no se basan únicamente en los conocimientos matemáticos o en las competencias conexas de razonamiento y resolución de problemas adquiridas como parte del aprendizaje formal en el contexto del centro educativo. Tanto las actitudes y las creencias como las prácticas relacionadas con la competencia matemática y el conocimiento del mundo son procesos facilitadores importantes y pueden influir en la capacidad de la población adulta para actuar de forma numérica. Por lo tanto, para el cuestionario de antecedentes de PIAAC se han desarrollado escalas que evalúan determinadas actitudes y creencias sobre las matemáticas y las prácticas relacionadas con la competencia matemática en el trabajo, la vida cotidiana y otros entornos. La información recopilada por estas escalas puede ayudar a explicar las diferencias de rendimiento entre la población adulta, lo que nos permite comprender mejor los factores que afectan a la adquisición y retención de destrezas o a la motivación para seguir aprendiendo. Pueden utilizarse para ayudar a explicar los vínculos entre el rendimiento en competencia matemática y las covariables, como la participación en una serie de prácticas de competencia matemática en sus vidas, incluido el trabajo, la participación en la formación continua o la situación de empleo/desempleo.

Además, es muy interesante la frecuencia con la que se realizan tareas matemáticas o se está expuesto a información o visualizaciones matemáticas o estadísticas, ya sea en el trabajo, en casa, al hacer la compra o en otros contextos. Los compromisos o las prácticas a este respecto pueden ser tanto el resultado de un determinado nivel de destreza como la causa de los niveles de destreza observados o, como mínimo, un factor que influye en el nivel de destreza observado, aparte de la escolarización formal previa.

Resumen

Los factores facilitadores mencionados anteriormente abordan la cuestión del aspecto no cognitivo del comportamiento y la práctica matemática, que es la forma en que se manifiesta la competencia matemática de una persona ante situaciones o contextos que tienen elementos matemáticos o que conllevan información de carácter cuantitativo. Se abordan indirectamente en PIAAC a través de los otros componentes de la evaluación de PIAAC, es decir, las preguntas sobre el uso de las competencias y el cuestionario exhaustivo de antecedentes.

En la cuarta sección del marco se analiza la funcionalidad del concepto de la competencia matemática en PIAAC y cómo ésta se ve afectada por muchos factores que determinan y dan forma a la medida en que el constructo teórico puede ser abordado en su totalidad por la recopilación directa de preguntas de prueba utilizadas en la evaluación.

Las dimensiones en PIAAC Ciclo 2

En este subapartado se detallan las dimensiones incorporadas a la definición de competencia matemática y la descripción de la capacidad numérica, tal y como se expone en la primera parte del Cuadro 3.2. Las descripciones de las facetas originales de los dos ciclos anteriores se basaron en investigaciones y materiales anteriores documentados en el marco de ALL y el Ciclo 1 de PIAAC. La esencia de ese trabajo consistió en analizar los componentes de la competencia matemática en la población adulta realizado por Ginsburg, Manly y Schmitt (2006^[29]), el cual se basó en una revisión integradora de múltiples marcos de competencia matemática de varios países. También se benefició de las posiciones presentadas en un informe del Centro nacional de investigación y desarrollo para la comprensión lectora y la competencia matemática de la población adulta (National Research and Development Centre for Adult Literacy and Numeracy, NRDC) del Reino Unido (2006^[35]), de documentos de referencia preparados para el taller de

expertos de la OCDE-Canadá sobre la competencia matemática (noviembre de 2006, Ottawa) y de las sugerencias hechas por los participantes en los seminarios. Además, se recibieron aportaciones de las revisiones externas de los primeros borradores del marco del Ciclo 1 de PIAAC y de las perspectivas profesionales del Numeracy Expert Group del Ciclo 1 de PIAAC.

Para el Ciclo 2, estas facetas, o como se denominan ahora, dimensiones, se han desarrollado más y también se han mejorado sustancialmente, sobre todo a partir del documento de revisión de 2017 (Tout et al., 2017^[11]). Un factor importante para reelaborar las dimensiones básicas fue la comparación con el marco de alfabetización matemática de PISA 2012 y sus clasificaciones. La comparación con la alfabetización matemática de PISA se aborda de forma explícita y detallada en la quinta sección: *Relación entre PIAAC y PISA*. Las cuestiones específicas que se derivan de ello se incorporan a los debates que se realizan a continuación.

Hay cuatro dimensiones centrales nombradas y descritas en la competencia matemática para el Ciclo 2 de PIAAC, es decir:

- procesos cognitivos
- contenido
- representaciones
- contexto.

Cada una de estas cuatro dimensiones fundamentales se desarrolla a continuación.

Procesos cognitivos

Esta dimensión es nueva en el Ciclo 2 de PIAAC y sustituye a la anterior faceta de *respuesta* de PIAAC y ALL. También incorpora en cierta medida la primera de las facetas descritas bajo la categoría de *Conocimiento matemático y comprensión conceptual* en la elaboración de los procesos habilitantes tanto en ALL como en el Ciclo 1 de PIAAC. Esta faceta aborda la noción de comprensión conceptual. Esta se refiere a *una comprensión integrada y funcional de las ideas matemáticas* (Kilpatrick, Swafford y Findell, 2001, pág.118^[157]). Ginsburg, Manly y Schmitt (2006^[29]) sugieren que los dos aspectos de la comprensión conceptual, es decir, que sea integrada y funcional, enmarcan la capacidad de pensar y actuar eficazmente de un adulto con habilidad numérica, y que en los distintos marcos de competencia matemática de diferentes países se utilizan términos equivalentes como «creación de significados», «relaciones», «modelo» y «comprensión». La comprensión conceptual puede ayudar a producir estimaciones razonables que ayuden a la población adulta a detectar errores de cálculo, o a darse cuenta de que no es necesario un producto exacto y que tan solo se necesita una estimación. Ginsburg, Manly y Schmitt (2006^[29]) explican además que la comprensión conceptual permite no depender de la memoria para todos los métodos y procedimientos, es decir, una persona adulta puede pensar en el significado de la tarea y «construir o reconstruir» una representación que ilustre lo que significa y sugiere un método de solución.

El marco del Ciclo 1 describía y detallaba cómo, en diferentes situaciones de la vida real, la población adulta puede reaccionar ante un problema de competencia matemática con diferentes tipos de respuestas o acciones. El marco del Ciclo 1 los agrupó en tres grandes apartados: *identificar, localizar o acceder, actuar o utilizar, e interpretar, evaluar/analizar, comunicar*.

El marco de la alfabetización matemática de PISA 2012 a 2018 describió y utilizó tres procesos (*formular, usar, interpretar y evaluar*) como componentes clave de su ciclo de modelización matemática. El proceso de *razonamiento matemático* se ha añadido ahora como un componente explícito en PISA 2021 para destacar la centralidad del razonamiento matemático en la resolución de problemas prácticos. Tal y como se describe en el borrador del marco de PISA 2021, estas habilidades de razonamiento parecen centrarse principalmente en las habilidades de razonamiento *dentro* del mundo de las matemáticas, y *el razonamiento matemático* se considera una habilidad o proceso independiente de los tres procesos de

resolución de problemas: *formular, emplear, interpretar y evaluar*. Esto pone de relieve el interés de PISA por la capacidad del alumnado de 15 años para utilizar y aplicar competencias, conocimientos y representaciones matemáticas más formales, mientras que este tipo de conocimientos matemáticos más formales no se evalúan generalmente en PIAAC. Para PISA 2021, se reconoce que las preguntas de evaluación se asignarán al razonamiento matemático o a uno de los tres procesos matemáticos asociados a la resolución de problemas matemáticos basados en el mundo real. El objetivo de PISA 2021 «es lograr un equilibrio que proporcione una ponderación aproximadamente igual entre los dos procesos que implica establecer una conexión entre el mundo real y el mundo matemático (formular e interpretar/evaluar), y el razonamiento matemático y su uso, el cual exige que los estudiantes sean capaces de trabajar en un problema formulado matemáticamente» (OCDE, 2018, p. 33_[123]).

Sobre la base de las opiniones e investigaciones esbozadas anteriormente y planteadas en el informe de revisión, el NEG ha reelaborado sustancialmente la antigua faceta de *Respuesta* y la ha sustituido por una descripción y elaboración más completa de lo que ahora se denomina la dimensión de *Procesos cognitivos*. Se trataba de describir y abordar de una forma más explícita el modo en que la población adulta tiene que enfrentarse a la resolución de un problema arraigado en un contexto auténtico. Las competencias que necesita la población adulta en el siglo XXI no solo abarcan una serie de conocimientos matemáticos específicos y competencias para la resolución de problemas, sino que incluyen la capacidad de reconocer e identificar cómo y cuándo utilizar las matemáticas; ser capaz de comprender, utilizar y aplicar conceptos y procedimientos matemáticos junto con habilidades estratégicas, de razonamiento y de reflexión que se emplean al utilizar y aplicar las matemáticas.

Esto también se deriva en parte de la comparación con los procesos de PISA como parte del proceso de resolución de problemas y modelización de PISA. A diferencia de otras facetas del comportamiento matemático, en el Ciclo 1 de PIAAC y sus descripciones relacionadas, esta faceta de respuestas o acciones es la que menos comparten PISA y PIAAC. En opinión del NEG, para evaluar las destrezas de competencia matemática de la población adulta, el aspecto principalmente intramatemático del razonamiento matemático, añadido al concepto de alfabetización matemática de PISA 2021, debe integrarse en el aspecto de resolución de problemas del mundo real para PIAAC y no evaluarse como una parte separada del constructo. Por lo tanto, la comprensión del razonamiento matemático se integra en los aspectos relevantes de los tres procesos cognitivos.

Las revisiones y mejoras de esta faceta o dimensión también responden mejor a la necesidad de abordar una serie de factores que tienen que ver tanto con las competencias del siglo XXI como con la necesidad de ser más reflexivos, capaces de razonar y pensar de forma crítica y también emitir juicios. El NEG cree que esta dimensión *del proceso cognitivo*, mejorada y más explícitamente definida y descrita, ha ayudado a los desarrolladores de la prueba a escribir nuevos tipos de preguntas y ha mejorado en gran medida el banco de preguntas, ayudando a abordar varias de las preocupaciones expresadas en el documento de revisión. También ayudará a desarrollar y redactar las descripciones de las escalas una vez que los datos y los resultados estén disponibles.

En la Tabla 3.2 se comparan los términos utilizados para el proceso cognitivo o las descripciones relacionadas con las respuestas del Ciclo 1 de PIAAC con los tres procesos utilizados en PISA 2012 y los cuatro procesos utilizados en PISA 2021, incluso con el nuevo *proceso cognitivo* del Ciclo 2 de PIAAC.

Tabla 3.2. Etiquetas de procesos cognitivos en PIAAC y PISA

Ciclo 1 de PIAAC	Ciclo 2 de PIAAC	PISA 2012	PISA 2021
Identificar/localizar/acceder	Acceder a situaciones y evaluarlas matemáticamente	Formular situaciones de forma matemática	Formular situaciones de forma matemática
Actuar/utilizar (ordenar, contar, estimar, calcular, medir, modelar)	Reaccionar ante las matemáticas y utilizarlas	Usar conceptos, hechos, procedimientos y razonamientos matemáticos	Usar conceptos, hechos, procedimientos y razonamientos matemáticos
Interpretar/evaluar/comunicar	Evaluar, reflexionar de forma crítica, valorar	Interpretar, aplicar y evaluar los resultados matemáticos	Interpretar, aplicar y evaluar los resultados matemáticos
			Razonamiento matemático

Descripción

La resolución de problemas en contextos reales requiere una serie de capacidades y procesos cognitivos. Al abordar un problema del mundo real, una de las decisiones que hay que tomar es si el uso de las matemáticas es pertinente y, a continuación, si es la mejor manera de resolver el problema. Si se considera apropiado el uso de las matemáticas, habrá que identificar las características esenciales del problema para convertir la situación del mundo real en un problema matemático. A partir de este punto, el contenido matemático relevante, los procedimientos, los procesos y las herramientas necesarias para resolver el problema deben ser identificados y estar accesibles para quien resuelve el problema. Una vez que se haya accedido a estos procedimientos y procesos, habrá que emplearlos correctamente y tomar decisiones sobre el grado de precisión adecuado para obtener una solución matemática. Hay que reflexionar sobre la solución y evaluarla con respecto a la situación original del problema en términos de razonabilidad y relevancia en el contexto del mundo real, y decidir si se acepta la solución o se revisan los aspectos que requieren precisión. En los casos en los que se toman decisiones o se hacen juicios en función de la solución, también podrían considerarse otros factores, como las consecuencias sociales o económicas.

Así pues, la primera dimensión central descrita en la definición y elaboración de PIAAC de la competencia matemática se refiere a las habilidades y procesos cognitivos necesarios para abordar y resolver la tarea o el problema en cuestión. Estos se han denominado como:

- acceder a las situaciones y evaluarlas matemáticamente
- actuar y utilizar las matemáticas
- evaluar, reflexionar críticamente, emitir juicios.

Es importante entender que estas actividades no son mutuamente excluyentes ni se desarrollan de forma rígidamente lineal. Por ejemplo: la identificación de las características esenciales de un problema tendrá consecuencias para determinar la parte de las matemáticas que se debe abordar; la incapacidad de acceder a un área concreta de las matemáticas puede dar lugar a una selección de procedimientos y procesos matemáticos que sean menos eficaces o bien, la evaluación de la solución en comparación con la situación original del problema puede indicar que esas características, identificadas como esenciales, no eran tan relevantes como se pensó en un principio y, por lo tanto, es necesario retroceder en los pasos dados en la solución. Así pues, aunque los procesos cognitivos esbozados en esta subsección se describen por separado, la actividad de abordar un problema del mundo real por medios matemáticos debe considerarse ante todo como un proceso holístico.

Será la combinación de estos tres procesos y sus componentes la que impulse la dificultad y complejidad del problema de competencia matemática que se está resolviendo y de cada pregunta que se formule en las unidades y preguntas de competencia matemática de PIAAC. Tras la descripción de cada proceso

cognitivo que figura a continuación, hay una serie de preguntas clave que describen los problemas y factores que influirán en la complejidad de dichos procesos.

Nota: con el fin de garantizar una variedad de tipos de preguntas en PIAAC que se centren o enfatizan los diferentes aspectos de estos procesos cognitivos, cada pregunta se ha priorizado con respecto a uno de los tres procesos.

Acceder y valorar matemáticamente las situaciones (valorar, identificar, acceder y representar)

Cuando la población adulta se encuentra con problemas en contextos del mundo real, debe decidir primero si las matemáticas son un medio adecuado para afrontar la situación. Una vez consideren que el uso de las matemáticas podría suponer una ventaja a la hora de abordar un problema, tienen que identificar las características esenciales necesarias para transformar una situación del mundo real en un problema matemático. Esta transformación requiere que la población adulta se anticipe e identifique y acceda a las matemáticas y a la representación matemática que hay en los aspectos específicos de la situación, que tome decisiones sobre cómo se puede representar y resuelva matemáticamente la tarea. En este proceso, la dirección del pensamiento y el razonamiento va del mundo real al mundo matemático.

Las acciones que sustentan la evaluación de situaciones y el acceso a las matemáticas para resolver un problema del mundo real consisten en:

- identificar las características esenciales de un problema del mundo real que puede representarse matemáticamente
- identificar y describir/definir la(s) operación(es) matemática(s), los procesos y las herramientas necesarias para resolver el problema
- simplificar una situación o un problema para representarlo matemáticamente, utilizando representaciones adecuadas, por ejemplo, variables, símbolos, diagramas y modelos
- representar un problema de una manera diferente, incluyendo la organización de acuerdo con los conceptos matemáticos y planteando las suposiciones adecuadas
- anticipar las restricciones del mundo real sobre los posibles resultados de las decisiones tomadas al definir y representar el problema.

Cuestiones clave que gobiernan la complejidad de este proceso:

- ¿Cómo se representan las matemáticas y se integran en la situación del mundo real? ¿A través de las palabras y el lenguaje? ¿Mediante números y símbolos, diagramas, imágenes, gráficos y tablas? ¿En qué medida son informales, formales o complejas las representaciones matemáticas y la información matemática?
- ¿El enfoque matemático es adecuado para la situación presentada? ¿Utilizar las matemáticas es una forma sensata de abordar el problema del mundo real? En caso afirmativo, ¿cuál es el grado de transformación necesario de la situación del mundo real para convertirla en un problema matemático? ¿En qué medida es implícita o explícita/obvia la decisión sobre la resolución de problemas matemáticos? ¿Se presenta la pregunta de forma inequívoca para poder identificar los procesos y procedimientos matemáticos necesarios?
- ¿Qué competencias de comprensión lectora se requieren para llevar a cabo esta transformación? ¿Cuáles son las exigencias de lectura, cuánta información de distracción hay?
- ¿Habrá que decidir hasta qué punto la solución generada al resolver la representación matemática del problema se ajusta a los contextos de la situación original del mundo real? ¿Cuál es el grado de complejidad de esta decisión?

Actuar y utilizar las matemáticas (ordenar, contar, estimar, calcular, medir, crear gráficas y dibujar)

La población adulta utiliza recursos, datos y procedimientos matemáticos para obtener resultados y resolver problemas del mundo real y debe seleccionar y utilizar las herramientas adecuadas, incluida la tecnología. Por ejemplo, pueden tener que realizar cálculos aritméticos: seleccionar, crear y resolver ecuaciones; hacer deducciones lógicas a partir de supuestos matemáticos; realizar manipulaciones simbólicas; crear y extraer información de tablas y gráficos matemáticos; representar y manipular objetos geométricos en 2D y 3D; analizar datos. Entre los procesos y procedimientos matemáticos utilizados para resolver problemas del mundo real se incluye:

- aplicar datos, reglas y estructuras matemáticas
- realizar cálculos aritméticos y aplicar algoritmos
- realizar mediciones
- buscar patrones
- utilizar el lenguaje simbólico, formal y técnico y las convenciones matemáticas
- utilizar herramientas matemáticas, incluida la tecnología
- manipulación de números, datos e información gráfica, estadística y basada en el azar, expresiones algebraicas y ecuaciones, representaciones geométricas
- recoger, organizar, estructurar y representar la información
- generar estimaciones y aproximaciones
- realizar y extraer información de diagramas matemáticos, gráficas, infografías y construcciones
- revisar y reflexionar sobre las soluciones iniciales o parciales
- generalizar a partir de una situación matemática más compleja para obtener una situación o problema matemático más sencillo que pueda resolverse más fácilmente.

Cuestiones clave que gobiernan impulsan la complejidad de este proceso:

- ¿Qué dificultad y complejidad tienen los conceptos, hechos, procesos y procedimientos matemáticos que hay que utilizar y aplicar?
- ¿Qué nivel de razonamiento matemático, argumentación, manipulación y cálculo se requiere para dar una respuesta eficaz al problema?
- ¿Cuántos pasos y tipos de pasos/procesos matemáticos son necesarios para resolver el problema?
¿Se trata de una operación, acción o proceso o requiere la integración de varios pasos que abarcan más de una operación, acción o proceso diferente?

Evaluar, reflexionar críticamente, emitir juicios (evaluar, reflexionar, justificar y explicar)

Las respuestas a las tareas del mundo real, incluidas las soluciones matemáticas, los juicios, las decisiones o las conclusiones, requieren razonamiento y reflexión crítica y evaluación. Cualquier solución de un problema del mundo real debe ser evaluada en relación con la situación del problema original para determinar su razonabilidad y relevancia respecto al contexto original; se debe tomar una decisión sobre si se acepta la solución o se revisa y ajusta, lo que a menudo se denomina juicio contextual. En los casos en los que se toman decisiones o se hacen juicios en función de la solución, también podrían considerarse otros factores, como las consecuencias sociales o económicas. Para ello será necesario que las respuestas incluyan explicaciones y justificaciones de las decisiones, juicios y conclusiones que sean razonables y tengan sentido en el contexto de la situación original. La reflexión crítica y la evaluación en contextos reales requieren:

- evaluar la razonabilidad de una solución o parte de una solución a un problema. Esto incluye tener en cuenta la idoneidad de las estimaciones y/o el grado de precisión requerido
- comprender las implicaciones en el mundo real de las soluciones generadas por los métodos matemáticos, con el fin de reflexionar críticamente y emitir juicios sobre cómo deben ajustarse o aplicarse los resultados
- utilizar argumentos matemáticos para construir, defender o cuestionar decisiones y/o juicios
- tener en cuenta las normas e influencias sociales, además de las limitaciones físicas, a la hora de considerar la validez o eficacia de una solución matemática a un problema del mundo real
- reflexionar sobre los procesos matemáticos y los argumentos utilizados, explicar y justificar los resultados
- identificar y criticar las limitaciones inherentes a la resolución de algunos problemas del mundo real.

Cuestiones clave que gobiernan la complejidad de este proceso:

- ¿En qué medida es complejo evaluar, reflexionar, justificar y explicar y relacionar los resultados matemáticos con el contexto del mundo real? ¿La tarea requiere elegir entre varias opciones de solución proporcionadas? ¿O la tarea requiere que se derive o se decida una explicación sin que se aporten soluciones?
- ¿Cuál es el grado de complejidad de justificar la validez de los resultados y pruebas matemáticas con los elementos esenciales del problema original del mundo real? ¿En qué medida la tarea requiere un juicio sobre la calidad de un argumento matemático utilizado para defender o cuestionar una proposición en un contexto real?
- ¿Resulta complejo relacionar las pruebas matemáticas con los elementos esenciales del problema del mundo real? ¿En qué medida la tarea requiere un juicio sobre la adecuación y la pertinencia de un resultado propuesto en relación con el contexto del mundo real? ¿Hasta qué punto hay que adaptar el resultado matemático para que encaje en el contexto original del mundo real? ¿Exige plantearse la idoneidad de las estimaciones y/o el grado de precisión requerido?

Estos tres *procesos cognitivos* están relacionados con el Esquema de Complejidad de la competencia matemática (Numeracy Complexity Schema) que se describe más adelante, en la cuarta sección: *Características operativas de la Evaluación de la competencia matemática de PIAAC*, detalladas en Tout et al. (2020^[141]). Se cree que los procesos cognitivos deben impulsar gran parte de la dificultad de las preguntas y que, junto con las descripciones y puntuaciones descritas en el Esquema de Complejidad, ayudarán a describir el rendimiento a la hora de elaborar los diferentes niveles en PIAAC.

Contenido matemático

La información matemática puede clasificarse de varias maneras y según diferentes niveles de abstracción. Un enfoque consiste en referirse a las «Grandes Ideas en las matemáticas» fundamentales (véase la explicación en la segunda sección). Steen (1990^[11]), por ejemplo, identificó seis grandes categorías: *Cantidad, Dimensión, Patrón, Forma, Incertidumbre y Cambio*. Rutherford y Ahlgren (1990^[143]) describieron redes de ideas relacionadas: *Números, Formas, Incertidumbre, Resumen de datos, Muestreo y Razonamiento*. Dossey (1997^[160]) clasificó los comportamientos matemáticos de la alfabetización cuantitativa como: *Representación e interpretación de datos, Sentido numérico y operacional, Medición, Variables y relaciones, Formas geométricas y visualización espacial y Azar*. En términos más generales, muchos marcos curriculares de todo el mundo se refieren de una manera u otra a estas áreas clave, aunque utilizando terminologías algo diferentes y con agrupaciones algo distintas —p. ej., National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2000^[120])—.

Esta dimensión sigue siendo similar a la del Ciclo 1 de PIAAC y es similar a la faceta equivalente en PIAAC

y ALL. Hay algunos cambios de nombre, en parte para hacerlos más coherentes con las descripciones y etiquetas de la alfabetización matemática de PISA relacionadas con el *Contenido* (véase la Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Etiquetas de contenido matemático en PIAAC y PISA

Ciclo 1 de PIAAC	Ciclo 2 de PIAAC	PISA 2012 y 2021
Cantidad y número	Cantidad y número	Cantidad
Dimensión y forma	Espacio y forma	Espacio y forma
Patrón, relaciones y cambio	Cambio y relaciones	Cambio y relaciones
Datos y azar	Datos y azar	Incertidumbre y datos

Descripción

Se describen cuatro áreas clave de contenido matemático, información e ideas, que se utilizan en la evaluación de la competencia matemática en PIAAC:

- Cantidad y número
- Espacio y forma
- Cambio y relaciones
- Datos y azar.

Para una pregunta individual de competencia matemática de PIAAC, estas cuatro áreas de contenido no son mutuamente excluyentes y cualquier pregunta puede referirse a una de estas áreas de contenido matemático o a más de una. Por ejemplo, una unidad y una pregunta en *Datos y azar* va a incluir necesariamente también datos que se expresarán como una cantidad o un número, y del mismo modo un elemento de medida en *Espacio y forma* se expresará como una cantidad o un número. La clasificación de tales elementos se basa en el área de contenido a la que se dirige la comprensión y la competencia conceptual clave.

Cantidad y número

La noción de cantidad y número es un aspecto matemático fundamental e imprescindible para interactuar y funcionar en nuestro mundo. El área de contenido *Cantidad y número* implica comprender el ordenamiento, el recuento, el valor posicional, las magnitudes, los indicadores, el tamaño relativo y las tendencias numéricas. Esto abarcará aspectos del razonamiento cuantitativo, como el sentido numérico, las representaciones múltiples de los números, el cálculo, las operaciones mentales, la estimación y el juicio de la razonabilidad de los resultados. Esta área de contenido requiere conocer y aplicar los números enteros, los números racionales e irracionales, los números positivos y negativos y, la equivalencia. También requiere comprender y aplicar las operaciones numéricas, incluido el orden de las operaciones, en una amplia variedad de entornos.

Ejemplos ilustrativos:

- Identificar y contar el número de elementos que aparecen en una foto de una serie de elementos u objetos.
- Calcular el coste de una lata de sopa, a partir del coste de 4.
- Calcular el coste al comprar 0,283 kg de queso a un precio determinado por kg.
- Otro ejemplo podría ser decidir si unos números decimales dados están dentro de un rango determinado.

Espacio y forma

El área de contenido *Espacio y forma* abarca una amplia gama de fenómenos que se encuentran en todas partes de nuestro mundo visual y físico. Incluye comprender y utilizar: sistemas de medición (informales y estandarizados), fórmulas de medición; dimensiones y unidades; ubicación y dirección; formas y patrones geométricos; propiedades de los ángulos; simetría; transformaciones y representaciones y perspectivas en 2D y 3D. Esta área de contenido requiere la comprensión e interpretación de medidas y escalas, posición y orientación, planos, modelos, mapas y diagramas, y la navegación (incluyendo la comprensión de las distancias, velocidades y tiempos de viaje, y el uso de herramientas como los sistemas de posicionamiento global).

Ejemplos ilustrativos:

- La identificación de una forma o la correspondencia de una imagen de un objeto real con el plano/diagrama correcto.
- Leer el peso/masa de un objeto en una balanza analógica.
- Interpretar un mapa en línea en relación con las distancias, velocidades y tiempos de viaje.
- Calcular las cantidades necesarias para una tarea como empapelar, alicatar o pintar a partir de unas dimensiones concretas.

Cambio y relaciones

El área de contenido *Cambio y relación* incluye las formas de describir, modelar e interpretar las relaciones matemáticas, los patrones cuantitativos y el cambio, cuando se producen en el mundo real. Las variables del mundo real pueden basarse en relaciones lineales y no lineales. Estas relaciones pueden representarse mediante descripciones, dibujos o imágenes, tablas, gráficas o fórmulas. En este último caso podría requerir la comprensión y el uso de expresiones algebraicas y métodos de solución relacionados. Esta área de contenido requiere comprender, utilizar y aplicar el razonamiento proporcional y las tasas de cambio, incluyendo el uso y la aplicación de ratios. También requiere reconocer, describir y/o utilizar una relación entre diferentes variables derivadas de una situación del mundo real.

Ejemplos ilustrativos:

- Comparación de los diferentes descuentos proporcionales en un artículo de compra en dos ventas diferentes en las que los descuentos se muestran de forma diferente.
- Comprender y utilizar fórmulas como el cálculo de los tipos de interés o la inflación, o el propio IMC (Índice de Masa Corporal).
- Comprender y aplicar el razonamiento proporcional para calcular valores a partir de porcentajes o proporciones existentes de cantidades/ingredientes.
- Comprender y aplicar el crecimiento lineal para predecir el crecimiento o el declive futuros.

Datos y azar

El área de contenidos de *Datos y azar* abarca temas como la recogida de datos, la visualización de datos, los cuadros y gráficos, las medidas de tendencia central y de varianza, junto con la comprensión de los enfoques adecuados para la recogida de datos y el muestreo. La representación e interpretación de los datos son conceptos clave en esta categoría. Esta área de contenido también incluye la comprensión y el conocimiento del azar y la probabilidad. El azar y la probabilidad abarcan la probabilidad subjetiva, la certeza y la incertidumbre, la probabilidad y la improbabilidad, la predicción y la toma de decisiones. Por ejemplo, asignar un valor numérico a la probabilidad de un hecho es un fenómeno omnipresente,

independientemente de que tenga que ver con el tiempo, la bolsa, un pronóstico médico o la decisión de subir a un avión.

Ejemplos ilustrativos:

- Interpretar e identificar la información particular de un gráfico de barras simple o de un gráfico circular.
- Utilizar una herramienta de datos interactiva en línea y un gráfico para interpretar y analizar los datos proporcionados.
- Utilizar y comprender la media para calcular los objetivos requeridos.
- Ordenar e interpretar un conjunto de datos para probar una serie de opiniones sobre el conjunto de datos.

Contexto

El *contexto* es el parámetro o término utilizado tanto en PISA como en PIAAC para nombrar y clasificar los entornos o situaciones en los que las personas utilizan y aplican sus conocimientos matemáticos para resolver un problema real. El objetivo principal del uso de las categorías de contexto elegidas es asegurar una mezcla o combinación entre las diferentes categorías para ayudar a garantizar cierto grado de equilibrio en la evaluación, sin que ningún contexto en particular abrume a los demás (y, por lo tanto, otorgar una ventaja o desventaja a los encuestados con mayor o menor interacción diaria con algunos entornos/contextos).

En el Ciclo 1 de PIAAC, los contextos utilizados fueron:

- Vida cotidiana
- Trabajo
- Sociedad o comunidad
- Aprendizaje adicional.

Los conjuntos de descriptores utilizados tanto en el marco de PISA como en el del Ciclo 1 de PIAAC en lo que respecta a los tres primeros contextos (*Vida cotidiana/Personal; Relacionado con el trabajo/Ocupacional; Social o Comunitario/Social*) eran muy coherentes entre sí. Una de las recomendaciones del equipo de revisión fue que la etiqueta PISA *Personal* es preferible a la etiqueta de PIAAC de *Cotidiano*. El término «cotidiano» sugiere cierta «uniformidad» en lo que hace la gente, lo cual no es especialmente esclarecedor, mientras que el término «*personal*» pretende indicar que el asunto en cuestión afecta más directamente a ese individuo. Esto se ha puesto en práctica.

El *aprendizaje posterior* en el Ciclo 1 de PIAAC fue otro contexto que el proyecto de revisión recomendó reconsiderar. El *aprendizaje posterior* guarda cierta similitud y coherencia con el término intramatemático al que se refiere PISA dentro de su descripción de *Científico*:

... Los contextos particulares podrían incluir áreas como el tiempo o el clima, la ecología, la medicina, la ciencia espacial, la genética, la medición y el propio mundo de las matemáticas, pero sin que sean una limitación ... Las preguntas intramatemáticas, en las que todos los elementos implicados pertenecen al mundo matemático, entran en el contexto científico. (OCDE, 2013, p. 37_[122])

Este contexto «Científico» de PISA tiene dos elementos. Algunas preguntas clasificadas como *científicas* en PISA son, de hecho, «intramatemáticas», es decir, situaciones que están dentro del mundo de las matemáticas, explícitamente relacionadas con el conocimiento de los aspectos formales de las matemáticas, con ninguna, o poca, relación con la vida real. De hecho, en PIAAC, no había preguntas puramente matemáticas como puede haber en PISA. Hubo un segundo grupo de preguntas en PISA que

se clasificaron como *científicas*, en las que la situación o el contexto estaban relacionados con el mundo natural (por ejemplo, el clima o la ecología). En el Ciclo 1 de PIAAC, este contexto de *aprendizaje posterior* se describió como relacionado con la necesidad de la población adulta de resolver los problemas que puedan surgir al participar en estudios posteriores, ya sea con fines académicos o de formación profesional, y se relacionó explícitamente con el conocimiento de los aspectos más formales de las matemáticas, incluidas las convenciones utilizadas para aplicar las reglas y los principios matemáticos. Pero esta serie de preguntas también podrían clasificarse en los otros tres contextos. La pregunta de muestra del Ciclo 1 de PIAAC de este contexto que se analiza en los informes de PIAAC fue la pregunta «Velas» (OCDE, 2013, p. 77_[161]). Sin embargo, esta pregunta también podría haberse clasificado como *vida cotidiana*, *relacionado con el trabajo* o incluso, con *la sociedad o la comunidad*.

Por esta y otras razones, el documento de revisión de 2017 recomendó que el NEG revisara este cuarto contexto de *Further learning*. El NEG lo consideró y decidió que lo mejor era eliminar la clasificación denominada *aprendizaje posterior*. En consecuencia, solo los tres primeros contextos continúan en el Ciclo 2 de PIAAC, ya que estos eran los más relevantes para la población adulta y cualquier elemento de *aprendizaje posterior* existente en el Ciclo 1 de PIAAC debería reclasificarse en uno de los otros tres contextos. La necesidad de contar con preguntas que traten sobre el conocimiento de los aspectos más formales de las matemáticas, incluyendo las convenciones utilizadas para aplicar las reglas y principios matemáticos, se cubriría mediante la inclusión de esos requisitos a través del área de conocimiento de contenido de *Cambio y Relación*.

De ahí que haya algunos cambios de nombre, en parte para hacerlos más similares a las descripciones y etiquetas de la alfabetización matemática de PISA relacionadas con *Contexto*. Las tres versiones de las etiquetas *Contexto* se describen en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Etiquetas de contexto en PIAAC y PISA

Ciclo 1 de PIAAC	Ciclo 2 de PIAAC	PISA 2012 y 2021
Vida cotidiana	Personal	Personal
Trabajo	Trabajo	Ocupacional
Sociedad o comunidad	Social/comunitario	Sociedad
Aprendizaje adicional		Científico

Descripción

Las personas intentan gestionar o responder a una situación que implique el uso de la competencia matemática y las matemáticas porque quieren satisfacer un propósito o alcanzar un objetivo. A continuación, se describen tres tipos de contextos que pueden requerir el uso y la aplicación de competencias matemáticas:

- Personal
- Trabajo
- Social/comunitario.

No son mutuamente excluyentes y pueden implicar los mismos temas matemáticos subyacentes. La capacidad de reflexionar de forma crítica sobre el uso y la aplicación de las matemáticas es importante en el siglo XXI; la población adulta debe ser capaz de tomar decisiones, emitir juicios, defender o apoyar argumentos. Los diferentes contextos plantean los diferentes ámbitos de la vida de la población adulta en donde se pueden encontrar situaciones de competencia matemática y que, por lo tanto, esto facilite el propósito de querer participar, resolver y ser reflexivo sobre los problemas del mundo real que implican a las matemáticas.

Personal

Las tareas de competencia matemática se encuentran a menudo en la vida personal y familiar, o giran en torno a aficiones, deportes y juegos, desarrollo personal e intereses personales. El contexto personal se centra en las actividades de un individuo y en sus interacciones con la familia inmediata. Entre estas tareas se incluye (solo a título de ejemplo): el manejo del dinero y las finanzas y transacciones personales o familiares, la salud y el bienestar, las actividades con la familia y los amigos, las compras, la gestión del tiempo personal, la planificación de viajes y vacaciones, incluida la lectura de mapas y, el uso de medidas en situaciones domésticas como la cocina, la jardinería, la administración de medicamentos o la realización de reparaciones en el hogar.

Trabajo

La población adulta se encuentra a menudo con situaciones matemáticas en el trabajo que son más especializadas que las de la vida cotidiana. Los lugares de trabajo de hoy en día suelen requerir niveles crecientes de alfabetización tecno-matemáticos. Entre estas tareas se incluye (solo a título de ejemplo): rellenar pedidos de compra, mantener inventarios, totalizar recibos, calcular cambios, gestionar calendarios, presupuestos y recursos de proyectos, nóminas/contabilidad, utilizar hojas de cálculo, completar e interpretar gráficas de producción y control, gestionar entradas y salidas de producción, hacer seguimiento de costes y gastos, interpretar resultados de dispositivos tecnológicos y aplicar fórmulas. Las tareas relacionadas con el trabajo también pueden incluir la lectura de planos, esquemas y diagramas del lugar de trabajo, tener conciencia espacial para las mejores opciones de almacenamiento, organizar, embalar las mercancías o planificar el trayecto de entrega más eficiente. Este contexto también puede incluir la realización y el registro de mediciones como longitudes, pesos, temperaturas, dosis, áreas, volúmenes u otras mediciones relacionadas con el trabajo o la utilización, aplicación de relaciones y fórmulas de medición. Los contextos ocupacionales pueden relacionarse con cualquier nivel laboral, desde el trabajo no cualificado hasta los niveles más altos del trabajo profesional.

Social/comunitario

La población adulta debe conocer los datos cuantitativos y las estadísticas, así como sus representaciones, y debe ser capaz de interpretar las tendencias y las consecuencias de una serie de actividades y acciones que ocurren en el mundo que le rodea a nivel local, nacional o mundial. La población adulta debe conocer y ser capaz de comprender diferentes relaciones matemáticas, como el razonamiento proporcional, cuando lea e interprete la información presentada por una serie de autoridades comunitarias o gubernamentales. Los adultos también pueden tomar parte en una serie de eventos sociales o actividades comunitarias, como la participación social y política, la organización y participación en funciones comunitarias y la recaudación de fondos. Entre estas tareas se incluye (solo a título de ejemplo) la comprensión e interpretación de información y gráficos financieros, estadísticos y numéricos sobre el transporte público, la delincuencia, la salud, la educación, la política, la demografía, la contaminación, los acontecimientos comunitarios, etc. Esta información es presentada cada vez más por los medios de comunicación, los servicios gubernamentales, las instituciones financieras, los servicios públicos, y una serie de servicios y organizaciones comunitarias.

Representaciones

La tercera faceta de la elaboración anterior en ALL y PIAAC que se ha añadido a la definición actual y, por lo tanto, se ha hecho más explícita, es la de la *Representación*. Aunque esto se incluyó en la elaboración anterior, no formaba parte de la definición y no ayudó a impulsar el desarrollo de las preguntas. En la *faceta 4: Representaciones de la información matemática*, el marco de la competencia matemática del Ciclo 1 de

PIAAC establece que los contenidos/información/ideas matemáticas pueden representarse de múltiples maneras: objetos e imágenes; números y símbolos matemáticos; fórmulas; diagramas y mapas, gráficos, tablas; textos y, por último, visualizaciones basadas en la tecnología. Sin embargo, ninguno de ellos se amplió con mucho detalle (PIAAC Numeracy Expert Group, 2009, p. 28^[2]) y aunque se plantea la cuestión de las diferentes formas de representación de la información, no se abordan los formatos digitales o dinámicos.

La naturaleza de los gráficos de información se está desentrañando ahora en el campo de la educación matemática. Diezmann y Lowrie (2008^[162]), por ejemplo, han defendido la importancia de dominar la interpretación de gráficos de información (por ejemplo, gráficos, tablas, mapas), ya que éstos se utilizan cada vez más para gestionar, comunicar y analizar la información. Las sociedades dependen cada vez más de la representación de la información tanto en forma de diagramas como de gráficos. Es necesario abordar la nueva representación, más dinámica, de los datos y la información. Ahora ya no se trata de interpretar imágenes estáticas, como en el actual banco de preguntas del Ciclo 1 de PIAAC, sino que se puedan plantear nuevos escenarios y problemas diferentes mediante la interpretación y la manipulación de representaciones dinámicas.

La revisión de 2017 recomendó que el Ciclo 2 de PIAAC aprovechara el potencial de la tecnología para apoyar una evaluación del siglo XXI más eficaz y representativa, mediante un mayor uso de diferentes tecnologías, medios de comunicación y representaciones asociadas para que la evaluación sea más relevante para el siglo XXI. Esto se analiza con más detalle en la cuarta sección.

Descripción

La información cuantitativa y matemática en situaciones y contextos del mundo real siempre se representa e incorpora en un formato u otro, ya sea en palabras y texto, en forma de diagrama o gráfica o de forma dinámica. Las matemáticas, en sí mismas, no existen en el mundo real por sí solas en su forma abstracta aislada, como, por ejemplo, $80\% \times 7,80 \text{ €}$. Lo más probable es que esas matemáticas estén incluidas en un anuncio que diga «20 % de descuento» y que el lector tenga que leer la información y decidir que la solución es descontar el 20 % del precio original de 7,80 €. De ahí que el marco de PIAAC tenga que elaborar las diferentes formas en que las matemáticas pueden representarse en el mundo real en una situación de competencia matemática.

La información matemática en una situación puede estar disponible o representada de muchas formas. Puede aparecer como objetos concretos que deban ser contados (por ejemplo, personas, edificios, coches, etc.) o como imágenes de tales cosas. Puede transmitirse mediante notación simbólica (por ejemplo, números, letras y signos de operación o relación). A veces, la información matemática se transmite mediante fórmulas, que son un modelo de relaciones entre entidades o variables. La información matemática puede codificarse en presentaciones visuales como un diagrama o un cuadro; las gráficas y las tablas pueden utilizarse para mostrar información estadística o cuantitativa agregada (mostrando objetos, contando datos, etc.). Del mismo modo, un mapa de una entidad real (por ejemplo, de una ciudad o del plano de un proyecto) puede contener información que puede cuantificarse o matematizarse. Por último, pero no por ello menos importante, los elementos textuales pueden contener mucha información matemática o afectar a la interpretación de la información matemática (y estadística), como se explica más adelante.

Una persona puede tener que extraer información matemática de varios tipos de textos, ya sea en prosa o en documentos con formatos específicos (como en los formularios fiscales). En las tareas de competencia matemática se pueden encontrar dos tipos de texto diferentes. Un primer tipo consiste en información matemática representada en forma textual, es decir, con palabras o frases con significado matemático. Como ejemplos podemos mencionar el uso de palabras numéricas (por ejemplo, «cinco» en lugar de «5»), de términos matemáticos básicos (por ejemplo, fracción, multiplicación, porcentaje, media,

proporción) o de frases más complejas (por ejemplo, «el índice de criminalidad aumentó un cincuenta por ciento») que requieren interpretación, o hacer frente a los dobles significados (o a las diferencias en los significados matemáticos y cotidianos de los mismos términos). El segundo se refiere a los casos en los que la información matemática se expresa con notaciones o símbolos regulares (por ejemplo, números, signos de más o menos, símbolos de unidades de medida, etc.), pero está rodeada de un texto que, a pesar de su naturaleza no matemática, también tiene que ser interpretado para proporcionar información y contexto adicionales. Así pues, un formulario de depósito bancario o un dispositivo interactivo (por ejemplo, en un dispositivo móvil o en un cajero *automático*, ATM) puede incluir algún texto e instrucciones en los que se incluyen números que describen importes monetarios, o una multa de aparcamiento que especifica una cantidad de dinero que debe pagarse en una fecha determinada debido a una infracción de aparcamiento, pero que también explica las sanciones y otras medidas legales que se aplicarán si la multa no se paga en una fecha determinada.

Con la digitalización de la información y de los procesos en el siglo XXI, los tipos de representación incluyen ahora explícitamente presentaciones y visualizaciones basadas en la tecnología en sitios web, en infografías, en calculadoras en línea, hojas de cálculo y otros programas y aplicaciones en dispositivos móviles, etc.

Se describen cuatro clasificaciones para la representación de situaciones numéricas del mundo real:

- Texto o símbolos
- Imágenes de objetos físicos
- Información estructurada
- Aplicaciones dinámicas.

Para una pregunta individual de competencia matemática de PIAAC, estas cuatro descripciones de las diferentes representaciones no son mutuamente excluyentes y cualquier pregunta puede integrar una o más de estas dimensiones.

Texto o símbolos

El estímulo se basa principalmente en un texto corriente que describe la situación del problema y puede incluir símbolos e información numérica integrada en el texto.

Imágenes de objetos físicos

El estímulo se basa principalmente en fotos o imágenes de objetos físicos que representan la situación del problema. La imagen contiene la información crucial para resolver el problema (por ejemplo, regla o instrumento de medida/escala, objetos 3D). A veces se añade algún texto para especificar o acotar la situación del problema.

Información estructurada

El estímulo se basa principalmente en datos o información que se representa en tablas, gráficos/cuadros, mapas, planos, calendarios, horarios, infografías, etc. En la mayoría de los casos, se trata de representaciones de datos generadas por ordenador, que son cada vez más omnipresentes en todas las noticias y medios sociales, y en la información de los servicios gubernamentales, las instituciones financieras y los servicios públicos. El texto se utilizará a menudo para ayudar a especificar y describir la información y la situación del problema.

Aplicaciones dinámicas

El estímulo se basa principalmente en aplicaciones interactivas, animaciones, aplicaciones de cálculo (por ejemplo, software de planificación y diseño, hojas de cálculo estructuradas, programas de dibujo, aplicaciones en línea y calculadoras como calculadoras de préstamos, conversores de divisas, etc.), que están diseñadas para ayudar a los usuarios a realizar cálculos o actividades de planificación o diseño. Esta categoría también podría comprender: (simulaciones de) dispositivos portátiles e instrumentos de medición. A veces se utiliza el texto para especificar o acotar la situación del problema.

Carácter operativo de la evaluación de competencia matemática de PIAAC

El carácter operativo del concepto de competencia matemática, en una evaluación a gran escala como la de PIAAC, se ve afectado por muchos factores que determinan la medida en que el constructo teórico puede ser abordado plenamente mediante la recopilación real de preguntas utilizadas en la evaluación directa.

La revisión de 2017 (Tout et al., 2017^[1]) emprendió un examen del desarrollo de la evaluación, incluso en relación con las evaluaciones de competencia matemática y de matemáticas. La revisión recomendó que, debido a que la descripción y el constructo de competencia matemática en PIAAC es una visión y una definición polifacética de competencia matemática, se requiere una forma multimodal de evaluar el concepto y el constructo y, debido a la disponibilidad de nuevos desarrollos en tecnología y comunicación, los nuevos desarrollos de evaluación podrían proporcionar oportunidades para mejorar la evaluación de la competencia matemática en el Ciclo 2 de PIAAC.

La revisión también reconoció y admitió de entrada que las preguntas existentes del Ciclo 1 de PIAAC se basan predominantemente en imágenes estáticas y respuestas asociadas; son más bien evaluaciones en papel transferidas a un ordenador, en parte debido a la transferencia de muchas de las preguntas en papel de la anterior evaluación ALL a la evaluación en ordenador de PIAAC. Además, la plataforma utilizada para el Ciclo 1 de PIAAC era bastante restrictiva en cuanto a las modalidades e interacciones que estaban disponibles para alojar el estímulo y para las respuestas que podían puntuarse automáticamente.

Esta sección comienza con una introducción general sobre la evolución de la evaluación en el siglo XXI, especialmente en relación con la evaluación de las destrezas matemáticas de la población adulta, seguida de una subsección en la que se esboza un posible proceso y estructura para mejorar la evaluación de la competencia matemática en el Ciclo 2 de PIAAC. A continuación, se analizan las limitaciones que afectan al desarrollo de la evaluación directa de la competencia matemática en PIAAC. A partir de estas discusiones, se presenta un esquema de los principios que orientan la evaluación de la competencia matemática en PIAAC, incluyendo la especificación del esquema del porcentaje s de las preguntas relativas a cada una de las dimensiones centrales del constructo. Este debate y las consiguientes especificaciones del contenido de la prueba son fundamentales para garantizar que la evaluación directa de la competencia matemática en el Ciclo 2 de PIAAC cumpla con los requisitos de validez del constructo y del contenido.

Por último, se analiza brevemente y se detalla un esquema de apoyo sobre los factores que afectan a la complejidad de la tarea (o a la dificultad de la pregunta), que es importante tanto para el diseño de la tarea como para la interpretación de los resultados relativos a la competencia matemática en PIAAC.

Desarrollo de la evaluación

En el siglo XXI se han producido avances tecnológicos en el campo de la medición y la evaluación educativas, algunos de ellos basados en la necesidad de evaluar las habilidades necesarias del siglo XXI. Hay muchas investigaciones sobre estos desarrollos —p. ej., véase (Bennett, 2015^[163]; Geisinger,

2016^[164]; Parshall et al., 2002^[165]; Shute et al., 2016^[166])—. Bennett (2015^[163]), que ha investigado y cartografiado la evaluación educativa durante un período considerable, describe tres generaciones de evaluación. Describió las pruebas basadas en la tecnología de primera generación como una actividad de creación de infraestructuras, que sentaba las bases para la realización de pruebas en un nuevo medio, donde gran parte de las pruebas se parecían mucho a las tradicionales. En su descripción de las pruebas de segunda generación, argumentó que el cambio cualitativo y la mejora de la eficiencia se convierten en los objetivos principales (Bennett, 1998^[167]; 2010^[168]), y que las pruebas utilizan menos formatos de preguntas tradicionales, se mueven hacia nuevos formatos multimodales y se intenta medir nuevos conceptos. La fuerza motriz solía ser la tecnología. Bennett describe la evaluación de tercera generación como una reinención que se produce en múltiples frentes y en la que estas evaluaciones pueden servir tanto para fines institucionales como de aprendizaje individual. Se diseñan a partir de principios cognitivos y dominios basados en la teoría, y las evaluaciones utilizan «simulaciones complejas y otras tareas de rendimiento interactivo que replican características importantes de los entornos reales, permiten una interacción más natural con los ordenadores y evalúan nuevas habilidades de forma más sofisticada» (Bennett, 2015, p. 372^[163]). Esto incluye el uso de la Realidad aumentada y virtual —p. ej., véase (Bower et al., 2014^[169]; Sommerauer y Müller, 2014^[170])—.

Si bien el documento de revisión y el grupo de expertos actual reconocen que todavía no es posible, en una evaluación internacional a gran escala como PIAAC, implementar y utilizar el potencial de la Realidad Aumentada y Virtual, hay consideraciones que deberían tenerse en cuenta para el desarrollo futuro y las posibles mejoras de la evaluación de la competencia matemática en PIAAC. Hay muchos modelos y opciones diferentes basados en ordenador para informar sobre cómo se podría evaluar más eficazmente la competencia matemática en futuras iteraciones de PIAAC, incluso en el Ciclo 2. En los siguientes apartados se describen algunas de estas posibles mejoras, pero también se concluye con un debate sobre la realidad y las limitaciones de una evaluación como la de PIAAC y, especialmente, sobre la necesidad de que todos los materiales y las preguntas estén disponibles en un gran número de idiomas diferentes.

Evaluación informatizada de las matemáticas y de la competencia matemática

La literatura específica sobre la evaluación informatizada de matemáticas (computer-based assessment of mathematics, CBAM) y el aprendizaje multimedia de las matemáticas —p. ej., (Atkinson, 2005^[171])— se centra principalmente en la representación multimodal de los conceptos matemáticos: cálculo, gráficas, diagramas, sistemas de álgebra computacional, hojas de cálculo, programas estadísticos, etc. Sin embargo, en la evaluación informatizada de la competencia matemática también es importante otro punto de atención, a saber, el papel de la representación del problema (las situaciones y los escenarios en los que se integran las matemáticas). También debe tenerse en cuenta la investigación más general sobre las representaciones de situaciones de la vida real en la educación y la evaluación —p. ej., véase (Schnotz, 2002^[172]; Schnotz, 2005^[173]; Schnotz y Bannert, 2003^[174]; Schnotz y Kürschner, 2007^[175]; Schnotz et al., 2010^[176])—, así como la investigación sobre el aprendizaje multimedia más general (Mayer, 2005^[177]; 2009^[178]), siendo conscientes del debate sobre la carga cognitiva (Sweller, 2005^[179]; 2010^[180]; van Gog, Paas y Sweller, 2010^[181]).

En un análisis y revisión de las preguntas de la evaluación opcional de matemáticas por ordenador desarrollada para PISA 2012, los desarrolladores de las pruebas del Consejo Australiano de Investigación Educativa (Australian Council for Educational Research, ACER) crearon una lista de características que beneficiaban y daban ventaja a las preguntas de las pruebas CBAM sobre las evaluaciones tradicionales de matemáticas en papel:

- Su atractivo para los estilos de aprendizaje interactivo del alumnado aumenta el compromiso de éstos con la tarea.

- Las preguntas dependen menos del texto y de las habilidades de lectura, lo que significa que los estudiantes pueden acceder a una pregunta a partir de pistas visuales y después utilizar el texto para confirmar los detalles de la respuesta requerida.
- Los modos de respuesta son más flexibles y menos desalentadores. Los estudiantes pueden editar fácilmente una respuesta, por lo que se sienten más inclinados a «intentarlo».
- Los cálculos pertinentes pueden automatizarse, lo que significa que las respuestas son correctas y se tarda menos tiempo. Esto permite que las preguntas aborden razonamiento matemático de orden superior.
- Las preguntas pueden evaluar las competencias espaciales y visuales utilizando simulaciones y manipulativos precisos que no están fácilmente disponibles en formatos de lápiz y papel.
- Las preguntas pueden poner a prueba la capacidad de utilizar una gama más amplia de estrategias de resolución de problemas, como la observación de patrones y tendencias y el efecto de las manipulaciones y acciones.
- Los elementos pueden simular procesos informáticos, como hojas de cálculo, herramientas de dibujo y gráficas, y el manejo de información en un entorno en línea.
- Los sistemas pueden recoger datos sobre lo que el estudiante hizo dentro de una pregunta, como el tiempo empleado, el número de clics, los procesos seguidos y el estado final (PISA Mathematics Expert Group, 2009_[182]).

También son aplicables a una evaluación de competencia matemática para la población adulta como PIAAC. El equipo de desarrollo de la prueba ACER también elaboró una clasificación útil de los tipos de preguntas de CBAM en PISA 2012 para el conjunto de preguntas (PISA Mathematics Expert Group, 2009_[182]; Tout and Spithill, 2015_[183]). Entre ellas se encuentran, por ejemplo, preguntas basadas en el cálculo automático, en las que el cálculo puede automatizarse «entre bastidores» para apoyar la evaluación y la comprensión de las competencias matemáticas más profundas; animaciones y/o manipulaciones; dibujo, pistas espaciales y visuales y/o respuestas; simulación de aplicaciones informáticas (p. ej., utilizando la capacidad de clasificación de datos de una hoja de cálculo «simulada»); gráficos interactivos que permiten la representación automática de funciones matemáticas y gráficos estadísticos; y simulación de aplicaciones o contextos basados en la web, con o sin interactividad informática (p. ej., la compra de productos en línea).

Otra ventaja de las evaluaciones basadas en ordenador (o en tableta) es que las respuestas y los tipos de preguntas disponibles que se utilizaron y pueden puntuarse automáticamente son bastante amplias; pueden incluir opciones como: formatos de respuesta seleccionada (por ejemplo, opción múltiple, opción múltiple compleja, como preguntas de tipo verdadero/falso); respuestas numéricas cortas; clics y puntos calientes; arrastrar y soltar; menús desplegables; emparejamiento y ordenación; manipulación de imágenes a una posición y solución final y correcta.

Mejora de la evaluación de la competencia matemática en el Ciclo 2 de PIAAC

En el primer ciclo de la evaluación de PIAAC, había una brecha entre la sofisticación del concepto de competencia matemática utilizado y la funcionalidad de la plataforma de evaluación. Como se ha reconocido anteriormente, las evaluaciones que existen en el actual banco de preguntas son relativamente simples y unidimensionales. Este análisis se corrobora en la literatura —p. ej., (Bennett, 2015_[163])—.

Las evaluaciones más sofisticadas que utilizan algunas de las posibilidades señaladas anteriormente no se dirigen necesariamente a competencias más complejas o de orden superior, sino que se centran más en la naturaleza multifacética y multimodal de las situaciones problemáticas de competencia matemática que se encuentran en la vida real. Para evaluar un concepto sofisticado de competencia matemática se necesitan opciones multimodales que representen mejor la realidad, en las que los encuestados puedan

mostrar su competencia (o no).

Es importante hacer una distinción y lograr un equilibrio entre el impulso que proviene fuertemente del desarrollo de tecnologías, que pueden ser utilizadas en las evaluaciones (impulsado por la tecnología) y el impulso para diseñar una evaluación que esté estrechamente relacionada con los conceptos que se diseñan alrededor del constructo de competencia matemática (impulsado por el concepto).

En concreto, es necesario enmarcar cualquier mejora en el desarrollo de la evaluación de la competencia matemática de PIAAC en torno a dos aspectos fundamentales del constructo de competencia matemática de PIAAC:

- Que PIAAC se basa en un concepto multifacético de competencia matemática y tiene una evaluación multimodal asociada.
- Que PIAAC es una evaluación de lo bien que los individuos pueden utilizar sus conocimientos y habilidades matemáticas para resolver problemas derivados de situaciones, necesidades o demandas prácticas y auténticas (es decir, del mundo real).

La definición y descripción de PIAAC de la competencia matemática entra en la categoría que Maguire and O'Donoghue (2002^[184]) denominaron «fase integradora». Estos autores clasificaron el desarrollo de las definiciones e ideas sobre la competencia matemática en tres fases: formativa, matemática y de integración. En esta clasificación «integradora», al igual que en la de PIAAC, la competencia matemática se considera un constructo complejo, polifacético y sofisticado que incorpora los aspectos matemáticos, comunicativos, culturales, sociales, emocionales y personales de cada individuo en una situación del mundo real. Al igual que en PISA, la competencia matemática se considera una capacidad sofisticada que requiere algo más que cálculos aritméticos y matemáticas básicas. Estos enfoques más integradores de la competencia matemática han llegado a ser influyentes en las últimas décadas, como lo ilustran los proyectos que definen las normas de contenido de instrucción de competencia matemática y los marcos de evaluación, como en PISA, ALL y PIAAC, y los marcos/normas curriculares nacionales para la población adulta —p. ej., véase (Department for Education (DfE), 2014^[185]; McLean et al., 2012^[77]; Quality and Qualifications Ireland (QQI), 2016^[78]; Tertiary Education Commission, 2008^[79])—. La evaluación de un fenómeno tan polifacético requiere, por lo tanto, un conjunto polifacético y multimodal de preguntas de evaluación que sean auténticas, tal y como se ha descrito anteriormente en relación con la evolución y las posibilidades de evaluación.

Hoogland and Tout (2018^[186]) al examinar las presiones y los desafíos sobre la evaluación informatizada de las matemáticas (CBAM) en el siglo XXI, argumentaron que la tecnología tiene el potencial de apoyar la evaluación de las competencias de pensamiento de orden superior en matemáticas, y también de representar problemas auténticos del mundo que nos rodea para utilizar y aplicar los conocimientos y las competencias matemáticas. Sin embargo, también argumentaron que el reto consiste en no permitir que las capacidades tecnológicas, apoyadas por el análisis psicométrico, se centren demasiado en la evaluación de los objetivos de orden inferior, como la reproducción de conocimientos y competencias procedimentales, basados en cálculos. Estos objetivos son coherentes con los objetivos de la evaluación de competencia matemática en PIAAC. Evaluar un concepto polifacético basándose únicamente en tareas de evaluación sencillas tiene dos implicaciones negativas:

- Las capacidades de los individuos para enfrentarse a problemas matemáticos complejos y multifacéticos de la vida real no se evalúan en su totalidad cuando las preguntas son demasiado sencillas y unidimensionales.
- No hay que subestimar el efecto de retroceso de una evaluación internacional de las competencias de las personas adultas en las prácticas de enseñanza de competencia matemática para la población adulta. Los desarrolladores de evaluaciones como las de PISA y PIAAC tienen la responsabilidad de que su marco y sus preguntas de evaluación estén reflejadas y en sintonía con los conceptos complejos y multifacéticos que se evalúan.

Como se ha descrito en las secciones anteriores del marco, en las evaluaciones de competencia matemática de la población adulta es fundamental que las situaciones, las representaciones y las respuestas sean auténticas y se asemejen lo más posible a la forma en que la población adulta se encuentra con las matemáticas en diferentes contextos de la vida, y que no se utilicen preguntas como los típicos problemas verbales de los centros educativos descritos anteriormente. Podría decirse que el problema de la autenticidad y la adecuación cultural es menor cuando se evalúa al alumnado en los centros educativos, como en el caso de PISA, porque los diseñadores de las pruebas pueden utilizar la terminología matemática convencional, las fórmulas, los símbolos, etc.; esto ayuda a las evaluaciones en edad escolar a estandarizar las demandas de los encuestados transmitiendo la información matemática plasmada en diferentes situaciones de manera coherente, independientemente del contexto cultural. Sin embargo, la evaluación de la competencia matemática de la población adulta presenta más dificultades porque muchos no recordarán las notaciones o la terminología formal del centro educativo. En los países en los que una proporción considerable de la población es inmigrante o habla varias lenguas en casa, las diferencias entre las lenguas maternas y las convenciones lingüísticas matemáticas de los centros educativos pueden afectar aún más al rendimiento en algunas tareas de competencia matemática. Por lo tanto, hay que prestar atención a los factores lingüísticos y culturales a la hora de adaptar las preguntas a las evaluaciones de la población adulta.

Representación e interactividad del siglo XXI

Dado que los avances del siglo XXI repercuten en la forma de representar la información matemática y numérica, la faceta del Ciclo 1 de PIAAC, *Representaciones de la información matemática*, en el marco de PIAAC, se ha actualizado de forma significativa para reflejar estos cambios. El marco y la definición revisados para la competencia matemática en el Ciclo 2 de PIAAC y las nuevas preguntas resultantes aprovechan el potencial de la tecnología para apoyar una evaluación más eficaz y representativa del siglo XXI, por ejemplo, mediante un mayor uso de medios visuales e interactivos, como infografías, sitios web interactivos y calculadoras en línea, procesos de hojas de cálculo, gráficos y herramientas de medición, etc. en las preguntas de evaluación. Sin embargo, se ha mantenido un equilibrio entre las tareas y acciones de competencia matemática y matemáticas incluidas en entornos digitales y tecnológicos del siglo XXI y las incluidas en modos más tradicionales. Este equilibrio puede mantenerse en parte gracias al uso necesario del banco de preguntas de competencia matemática del Ciclo 1 de PIAAC como preguntas de enlace, ya que éstas se basaban principalmente en imágenes estáticas y las preguntas se parecen más a las evaluaciones en papel transferidas a un ordenador.

Una dimensión para revisar las posibilidades de evaluación

Con el fin de facilitar el desarrollo de nuevos contenidos y mecanismos de evaluación, el equipo de revisión desarrolló una variedad de posibilidades de evaluación. Véase el Gráfico 3 en Tout et al. (2017, p. 31^[11]), que podría constituir un punto de partida para realizar el seguimiento y para equilibrar la gama de formatos y tipos de preguntas de competencia matemática de PIAAC. Hoogland y Tout (2018^[186]) desarrollaron aún más esta dimensión de posibilidades de evaluación, y argumentaron que podría utilizarse para reflexionar, debatir e investigar sobre la pertinencia, la utilidad y la eficacia de las tareas de evaluación de las matemáticas, especialmente en relación con las competencias del siglo XXI. Contar con una variedad de estímulos y preguntas desarrollados y seleccionados a partir de este espectro, permitiría que la competencia matemática de PIAAC fuera más representativa del marco y del concepto constructo; contribuiría a la cuestión de la autenticidad y, por lo tanto, evaluaría mejor las capacidades y competencias de la población adulta en lo tocante a las prácticas de competencia matemática en el siglo XXI.

Las preguntas sobre competencia matemática existentes en el Ciclo 1 de PIAAC que se seguirán utilizando como preguntas de enlace tienden a estar en el extremo izquierdo, más tradicional, de la variedad de

posibilidades de evaluación. Por lo tanto, el objetivo de la elaboración de nuevas preguntas ha sido complementar el banco existente teniendo en cuenta las posibles mejoras e innovaciones debidas a las capacidades del siglo XXI, tal y como se describe en la dimensión del espectro de posibilidades de evaluación. Esto ha permitido crear un equilibrio en todo el espectro de posibilidades de evaluación.

Sobre la base de lo anterior, el Grupo de Expertos en Alfabetización numérica encomendó a los equipos de redacción de las preguntas, la tarea de solicitar que el nuevo desarrollo de preguntas para el Ciclo 2 de la evaluación de competencia matemática de PIAAC se basara en algunos de los desarrollos de evaluación descritos anteriormente y que introdujera nuevos contenidos de evaluación, representaciones y formatos de preguntas que reflejaran mejor las representaciones digitales, los estímulos y las tareas de competencia matemática, así como las respuestas de evaluación relacionadas con el siglo XXI.

Resultados

Afortunadamente, la plataforma y el sistema de entrega del Ciclo 2 de PIAAC han sido capaces de soportar muchos de estos tipos de estímulos, preguntas y tipos de respuesta; las preguntas están en proceso de ser creadas e implementadas para su uso en una tableta lista para la Prueba de Campo. Para el Ciclo 2 de PIAAC se han incluido estos tipos de preguntas, respuestas, representaciones y estímulos interactivos:

- ilustraciones y fotos de contextos/preguntas/objetos
- calculadoras interactivas y herramientas en línea
- pulse sobre una zona o varias zonas de la pantalla/imagen
- respuestas de arrastrar y soltar
- dibujar una gráfica
- uso de un teclado para introducir las respuestas
- preguntas de selección simple y múltiple
- acceso a una calculadora en línea
- gráficos y datos interactivos en línea
- mapa en línea
- regla en línea
- hojas de cálculo sencillas.

Limitaciones y desafíos para mejorar la evaluación de los conocimientos de competencia matemática en el Ciclo 2 de PIAAC

A pesar de los avances incorporados en la evaluación del Ciclo 2, existen limitaciones y desafíos en cuanto a lo que se puede lograr en una evaluación internacional como la de PIAAC, y es necesario reconocerlos. Entre estos se encuentran las limitaciones relacionadas con las capacidades de la población adulta de entre 16 y 64 años a la que se dirige la evaluación, los aspectos prácticos y los costes de desarrollar una evaluación en una gama tan amplia de culturas y lenguas y las limitaciones de la plataforma informática disponible.

En primer lugar, los resultados de la evaluación de la Resolución de Problemas en Entornos de Altamente Informatizados (PS-TRE) en el Ciclo 1 de PIAAC deben considerarse en relación con la revisión y la aplicación del concepto de competencia matemática de PIAAC. El primer ciclo de la encuesta de PIAAC, proporcionó dos datos diferentes sobre la capacidad de la población adulta para gestionar la información en entornos muy tecnológicos: la proporción de la población adulta que estaba suficientemente familiarizada con los ordenadores para utilizarlos en las tareas de PIAAC y la capacidad de la población adulta con al menos algunos conocimientos básicos de TIC para resolver las tareas del PS-TRE.

Los resultados de la evaluación de PIAAC del Ciclo 1 de la PS-TRE mostraron que en todos los países participantes había una parte de la población adulta sin conocimientos de TIC o con conocimientos muy limitados. La evaluación determinó que:

Entre el 7 % y el 27 % de la población adulta declaró no tener experiencia en el uso de ordenadores o carecer de los conocimientos informáticos más elementales, como la capacidad de utilizar un ratón. Además, también hay parte de la población adulta que parece no confiar en su capacidad para utilizar los ordenadores, principalmente porque los utilizan con poca frecuencia. De las personas adultas que realizaron la evaluación, la mayoría eran competentes en el nivel 1, que implica el uso de aplicaciones conocidas para resolver problemas que suponen pocos pasos y criterios explícitos, como clasificar correos electrónicos en carpetas preexistentes. (OCDE, 2013, p. 98^[161])

Estos resultados del componente de Resolución de Problemas en Entornos Altamente Informatizados del Ciclo 1 de PIAAC, con sus advertencias sobre la elevada proporción de población adulta sin conocimientos de las TIC o con conocimientos muy limitados, debían tenerse en cuenta a la hora de establecer el equilibrio entre las preguntas que incorporan los nuevos aspectos tecnológicos y digitales del marco de competencia matemática de PIAAC y entre la evaluación asociada.

En segundo lugar, a nivel práctico, algunas de las innovaciones y desarrollos derivados de los avances tecnológicos en materia de medición y evaluación educativa en el siglo XXI debían ser cuidadosamente revisados y considerados en cuanto a la viabilidad de su uso e implementación práctica para el Ciclo 2 de PIAAC. Algunas de las cuestiones que hay que tener en cuenta:

- Los costes (algunas tecnologías, medios y herramientas serían potencialmente costosas de utilizar y aplicar) relacionados con el desarrollo de contenidos, la producción de vídeos/animaciones/etc., y relacionados con la realización y la implementación (la realización de estas evaluaciones en los hogares).
- El tiempo disponible para las pruebas: ¿el uso de estas innovaciones en la evaluación requeriría mucho más tiempo para la realización de la evaluación de PIAAC?
- La viabilidad de producir y utilizar cualquier animación, simulación, vídeo o soporte de audio en 30 idiomas posibles y diferentes, lo que sería un reto costoso y requeriría importantes procesos de garantía de calidad de las traducciones.
- El rendimiento del uso de cualquiera de estas innovaciones, especialmente el uso de simulaciones (por ejemplo, es muy poco probable que el uso de juegos sea relevante en una evaluación de la población adulta de este tipo en este momento), y por lo tanto el coste de la prueba obligatoria y la comprobación psicométrica del rendimiento, la fiabilidad y la validez.

El objetivo ha sido contar con un conjunto práctico y equilibrado de preguntas que satisfagan el mayor número posible de demandas para mejorar la evaluación de la competencia matemática en el Ciclo 2 de PIAAC, teniendo en cuenta al mismo tiempo las limitaciones señaladas anteriormente, incluidas las capacidades relacionadas con las TIC de la población adulta en el rango de edad de PIAAC. Sin embargo, hay que recordar que siempre habrá un conjunto importante de preguntas de enlace de las evaluaciones anteriores y que la prueba de campo puede utilizarse para comprobar cómo funcionan las nuevas preguntas en comparación con las existentes.

También hay que tener en cuenta que el cambio de plataforma para la realización del Ciclo 2 (de un ordenador portátil que requiere el uso de un ratón, a una tableta en la que los encuestados pueden utilizar un lápiz óptico o el dedo) y el hecho de que hayan transcurrido 10 años desde el Ciclo 1 sugieren que más participantes podrán utilizar la plataforma. El ensayo de campo permitirá comprobar si esto es así o no.

Limitaciones del diseño de la evaluación, de la plataforma y de determinados tipos de respuesta

También hay que distinguir entre el marco conceptual (segunda sección) y el constructo de evaluación

(tercera y cuarta secciones). No todas las tareas de competencia matemática de la vida real pueden necesariamente simularse correctamente en una evaluación específica. Además, la capacidad de una evaluación para *captar, evaluar y puntuar* realmente las respuestas asociadas a todo el espectro de la competencia matemática, tal como se define en PIAAC, depende en última instancia de los aspectos técnicos de dicha evaluación. Aunque la plataforma de evaluación por ordenador elegida para el Ciclo 2 de PIAAC ofrece muchas ventajas con respecto al Ciclo 1, sigue habiendo restricciones y limitaciones, lo que ha restringido la capacidad para desarrollar muchas preguntas interactivas sofisticadas o utilizar audio o vídeo que requirieran traducción, por ejemplo.

En primer lugar, el tiempo total de las pruebas por encuestado no permite incluir problemas extensos o largas simulaciones de tareas de competencia matemática auténticas complejas, aunque se reconoce que la capacidad de resolver problemas de competencia matemática complejos o extensos es una parte inherente de las competencias matemáticas. Para abarcar todas las facetas del concepto de competencia matemática en el tiempo limitado disponible, se prescribe el uso de un mayor número de tareas cortas.

En segundo lugar, la necesidad de puntuar todas las respuestas automáticamente limita el tipo de tareas de evaluación que pueden utilizarse. La división tradicional en el formato de pregunta se establece entre el formato de respuesta seleccionada (a veces llamado de elección forzada o de opción múltiple) y el formato de respuesta construida. Las preguntas de respuesta seleccionada requieren elegir una o más respuestas entre una serie de opciones de respuesta. Las respuestas a este tipo de preguntas suelen poder procesarse y puntuarse automáticamente cuando se presentan en un ordenador/tableta, y pueden incluir una serie de respuestas interactivas, como tocar, arrastrar y soltar, etc. En las preguntas de respuesta construida hay preguntas de respuesta cerradas o abiertas. Las preguntas de respuesta construida cerradas facilitan un entorno más estructurado para responder y su objetivo es producir una respuesta que pueda ser calificada automáticamente, según una rubrica de puntuación, como correcta o incorrecta. Las preguntas de respuesta construida abiertas requieren que los encuestados comuniquen con sus propias palabras las respuestas a las tareas o preguntas y dichas preguntas requieren expertos capacitados para codificar manualmente las respuestas.

Aunque la plataforma permite a los encuestados proporcionar una respuesta de varios modos diferentes (por ejemplo, entrada numérica, tocando en un área de la pantalla, eligiendo entre diferentes opciones, etc.), en su etapa actual de desarrollo no puede aceptar la mayoría de los tipos de preguntas de respuesta construida abiertas o de preguntas en formato libre debido a la enorme diversidad posible en la forma en que los encuestados pueden introducir sus respuestas. Las limitaciones se derivan de la dificultad de codificar automáticamente las respuestas de formato libre en docenas de idiomas (es decir, designar una respuesta como correcta o incorrecta), al tiempo que se adaptan a diversas estructuras gramaticales y sintácticas, así como de superar los errores de escritura que se esperan de forma natural cuando las personas escriben un texto en un ordenador. A continuación, se presentan varios ejemplos de los casos en que los encuestados:

- escriben rangos de números o estimaciones que tienen múltiples representaciones matemáticamente equivalentes,
- como «un cuarto», «0,25», «1/4», «1 de cada 4», o «alrededor de cinco a seis», «1,00 a 6,00»
- describen su interpretación de una información dada, por ejemplo, en una declaración simulada ante los medios de comunicación
- escriben justificaciones para sus respuestas, o enumeran los argumentos que apoyan sus conclusiones.

En concreto, las tareas que requieren respuestas basadas en la comunicación, como cuando la población adulta tiene que explicar las interpretaciones de una información dada, o describir su evaluación o análisis de una situación *o su pensamiento sobre la misma*, son difíciles de tratar para la evaluación directa de las competencias de las que se ocupa PIAAC. Estas tareas constituyen una parte importante e inseparable del

panorama de las situaciones de competencia matemática de la población adulta y son una parte inherente al marco conceptual de la competencia matemática de la población adulta, pero pocas podrían incluirse en el banco de preguntas para el segundo ciclo de PIAAC.

Temas relacionados con dinero/moneda

Los temas relacionados con el consumo y las compras son componentes importantes de la competencia matemática y están representados en las tareas de la misma. Dado que las monedas de los países participantes varían mucho, las preguntas relacionadas con el consumo suponen un reto para los desarrolladores y traductores de preguntas. Es fundamental intentar que cualquier pregunta relacionada con el dinero sea al mismo tiempo realista y matemáticamente comparable. Por lo tanto, PIAAC especifica directrices estrictas sobre cómo los países pueden cambiar la magnitud de cualquier cantidad monetaria con el fin de mantener la comparabilidad. Estas se publican dentro de las *Directrices de Traducción y Adaptación*, y deben basarse en los tipos de cambio actuales de las monedas.

PISA se enfrenta a esta cuestión haciendo que todas sus preguntas relacionadas con el dinero estén ambientadas en un país ficticio, Zedonia, con una moneda ficticia de zeds y zedcents. Este enfoque se ha considerado inadecuado para ponerlo en práctica en PIAAC debido a la necesidad de aplicarlo a la población adulta con un amplio rango de edad y educación, donde se cree que a algunos adultos puede resultarles extraño relacionarse con una moneda poco familiar o con precios y costes ficticios.

Por lo tanto, las tareas de PIAAC están diseñadas para que los países cuyas monedas tienen un valor algo similar al dólar puedan mantener exactamente el mismo número y cambiar solo el signo de la moneda.

Como práctica general, cuando nos referimos a un valor monetario que puede escribirse en diferentes monedas, lo anotamos como _45, por ejemplo. Significa que 45 puede ser considerado como un número de dólares, euros, coronas, florines, pesos o cualquiera que sea la moneda local.

Las siguientes opciones para realizar cambios en los valores monetarios se enumeran por orden, de menor a mayor impacto en la equivalencia de la demanda cognitiva del artículo.

- Opción 1: Cambiar solo el signo de la moneda. Mantener los números iguales y cambiar solo el signo de la moneda por el signo de la moneda local. (por ejemplo, cambiar el signo del dólar estadounidense, \$, por el del euro, € o el de la libra esterlina, £). Esta será la opción elegida por los países de la Comunidad Europea debido al valor cercano que tienen el euro y el dólar.
- Opción 2: Cambiar los números multiplicándolos o dividiéndolos por potencias de 10. Cuando el cambio del signo monetario no parece funcionar y el valor del objeto parece poco realista, el traductor tendrá que cambiar los números o las cantidades de la pregunta.

La regla: Si es necesario modificar los valores numéricos para mantener el realismo de una pregunta, solo pueden multiplicarse o dividirse por potencias de 10 (es decir, por 10, 100, 1000, etc.). Esta restricción pretende mantener las exigencias cognitivas de la pregunta (como la naturaleza de los pasos matemáticos y las operaciones mentales) similares en todos los países. Consideremos, por ejemplo, el ítem Impermeable (unidad PIAAC 603), cuyo precio es de _80. Si este precio no es razonable para ningún tipo de chubasquero, el traductor puede optar por multiplicar el número 80 por 100 para que sea 8000, y mantenerlo así si este es un precio razonable para un chubasquero en la moneda del país en el que se considera inevitable este cambio. [En Hungría, por ejemplo, 1 dólar estadounidense equivale ahora a 250 HUF (forintos húngaros). Al impermeable se le podría asignar un precio de 8000 HUF. Sin embargo, no se permite un cambio a 20 000 HUF (80 x 250), aunque este sea el valor «verdadero» del impermeable en HUF, ya que cambia significativamente las operaciones mentales requeridas para la tarea.]

Diferentes unidades de medida

Otro de los retos de una evaluación internacional como la de PIAAC tiene que ver con el hecho de que los países también pueden tener sistemas de medida diferentes, aunque la mayoría de los países son ahora exclusivamente métricos, con la excepción de los Estados Unidos, que todavía utilizan (principalmente) el sistema de medida imperial.

A continuación, se presenta el enfoque adoptado para crear preguntas matemáticamente equivalentes para las unidades de medida basadas en el sistema métrico y en el imperial. Había diferentes soluciones que podían aplicarse, dependiendo de lo importante que resultase para comprender la pregunta el sistema de medidas integrado en el contexto/tarea.

La primera cuestión era decidir si la comprensión conceptual del sistema de medición es fundamental para responder a la pregunta. Si no es así, es posible dejar las unidades de medida en sus unidades originales y auténticas que se ajustan al contexto. Sin embargo, si una pregunta requiere un conocimiento «profundo» del sistema métrico para poder responderla, se requieren unidades métricas e imperiales paralelas. Por ejemplo, cuando se requiere una estimación de la longitud o la altura, como en las preguntas existentes de PIAAC sobre *árboles* y *caminos*, en las que se espera que el encuestado tenga una noción del tamaño en contextos familiares (la altura de un árbol en relación con una persona y la longitud de un camino, todo ello mostrado en fotografías). En estas situaciones no se podría considerar el uso de una unidad métrica en los Estados Unidos, ni de una unidad imperial en un país métrico. Los encuestados deben tener una idea de las unidades de medida.

Del mismo modo, una versión estadounidense de una pregunta que incluyera una conversión entre unidades métricas como parte de la solución, **no** funcionaría, ya que el conocimiento de los factores de conversión podría ser muy desconocido para la generación de estadounidenses de mayor edad. La otra cuestión es que las conversiones entre las distintas medidas en EE. UU. no son coherentes ni se basan en potencias de diez, como en la métrica, y mucha gente necesita consultarlas habitualmente, como cuántas onzas hay en una libra, pulgadas en un pie, yardas en una milla, onzas líquidas en una pinta, pintas en un galón y otras.

Un punto de partida fue investigar y ver lo que es común y genuino en EE. UU. donde actualmente **sí** utilizan unidades métricas para una serie de productos comunes, como para los refrescos populares, las dosis de medicamentos, etc. Por lo tanto, en algunos casos fue posible seleccionar situaciones/objetos concretos que se miden en unidades métricas y, entonces, eran adecuados para ser utilizados en las preguntas de EE. UU.

Si una unidad debía ser creada tanto en el sistema métrico como en el imperial, la mejor solución era mantener las mismas dimensiones y solo cambiar las unidades: de metros a yardas, por ejemplo, o de kilómetros a millas. Esto es más fácil cuando las unidades tienen cierta similitud, como los centímetros con las pulgadas o los metros con las yardas. Este enfoque se ha utilizado en las preguntas de enlace como el *Camino* y el *Árbol*.

Sin embargo, en algunos casos no hubo más remedio que cambiar las dimensiones/medidas para que ambas fueran auténticas. Por ejemplo, se hizo así en las preguntas de enlace existentes, como la pregunta de la fórmula del IMC en la encuesta ALL y luego en PIAAC. La necesidad es, entonces, mantener el grado de dificultad de cualquier cálculo aritmético tan similar como sea posible, para que el nivel de dificultad se mantenga. Por ejemplo, en una pregunta sobre fotos (en el sistema métrico era posible usar las dimensiones de 8 x 12 cm, y en pulgadas expresarlas como 4 x 6 pulgadas), estas son auténticas; son fotos de un pequeño tamaño similar y las dimensiones están en la misma proporción.

El enfoque de PIAAC para la evaluación

El diseño de la evaluación de PIAAC implica el uso de una metodología de encuesta en hogares que asume que el tiempo total de prueba por encuestado es de unos 60-80 minutos. En ese tiempo, se les pedirá a los participantes en el estudio que realicen:

- Un cuestionario de antecedentes, que recoge información sobre los posibles resultados y antecedentes de las competencias clave, así como sobre los indicadores demográficos y estructurales necesarios para describir la distribución de dichas competencias en los países participantes.
- Un tutorial sobre la tableta y orientación sobre la evaluación.
- Una breve prueba de ubicación, que se utilizará para dirigir a los encuestados a la sección adecuada de la evaluación directa y que también proporcionará información sobre las competencias de lectura y matemática de la población adulta que no pueda continuar con la evaluación directa.
- Una breve medida de las competencias de comprensión lectora y competencia matemática.
- La evaluación directa, en la que cada encuestado realizará dos de los tres dominios de comprensión lectora, competencia matemática y resolución adaptativa de problemas.

La evaluación directa utilizará un diseño adaptativo que optimizará la correspondencia entre la capacidad del encuestado y la dificultad de las preguntas propuestas. Este diseño facilita información más fiable sobre las competencias de los encuestados dentro del tiempo disponible para las pruebas.

Grupos de preguntas y puntuaciones por escala

Se espera que las preguntas de la evaluación permitan informar sobre el rendimiento de los encuestados de una manera similar a la utilizada en el Ciclo 1 de ALL y PIAAC, que escalaba las puntuaciones base en el rango 0-500, pero se centraba en informar sobre el rendimiento en seis niveles de capacidad con los siguientes límites (provisionales):

- Por debajo del nivel 1: por debajo de 176 (nivel más bajo)
- Nivel 1: puntuación base 176 - 225
- Nivel 2: puntuación base 226 - 275
- Nivel 3: puntuación base 276 - 325
- Nivel 4: puntuación base 326 - 375
- Nivel 5: puntuación base 376 - 500 (nivel más alto).

Uso de calculadoras y otros objetos o herramientas

La evaluación de la competencia matemática, ya sea mediante tareas de papel y lápiz o por ordenador, tiene que asumir que la práctica de la competencia matemática en situaciones cotidianas o laborales también implica el uso de determinados objetos y artefactos. En primer lugar, el uso de calculadoras, ya sean de mano o ahora también disponibles en teléfonos inteligentes y tabletas, que están ampliamente disponibles para la población adulta en todos los ámbitos de la vida en muchos países. Así pues, las calculadoras son herramientas que forman parte del tejido de la vida de competencia matemática en muchas culturas. Cada vez es más frecuente que se permita, e incluso se espere, que los encuestados de las pruebas a gran escala utilicen calculadoras. De ello se desprende que los adultos de PIAAC deberían tener acceso a una calculadora como parte de la evaluación de las competencias matemáticas, y que luego puedan elegir si la utilizan y en qué medida. En la prueba de PIAAC basada en tabletas se dispondrá de una calculadora básica en línea, y también se puede disponer de una calculadora básica de mano, que podrá ser utilizada si se solicita. No hay preguntas de competencia matemática que requieran el uso de un tipo de calculadora más sofisticado que una calculadora básica de cuatro funciones.

El uso de una regla en línea también se presenta en una unidad, tanto en el sistema métrico como en el imperial (pulgadas), ya que las reglas/los instrumentos de medida forman parte de los contextos en los que se manifiesta la competencia matemática de la población adulta. El uso de otras tecnologías, como una hoja de cálculo, también se ajusta a la evaluación de la competencia matemática, y en el Ciclo 2 de PIAAC algunas preguntas evalúan esta competencia.

También hay que tener en cuenta que se pretende que el entrevistador facilite el acceso a un bolígrafo y papel para que los encuestados puedan tomar notas, escribir y realizar cálculos, etc.

Bases para la evaluación de la competencia matemática en el Ciclo 2 de PIAAC

El desarrollo de la evaluación de la competencia matemática para PIAAC se ha basado en una serie de principios o directrices generales que se enumeran a continuación. Estos principios reflejan la literatura acumulada sobre la evaluación a gran escala de las habilidades matemáticas y la competencia matemática de la población adulta (Gal et al., 2005^[28]; Gillespie, 2004^[187]; Murat, 2005^[188]), y varios documentos de referencia y posiciones preparadas como parte de la planificación de PIAAC —p. ej., (Gal, 2006^[153]; Gal y Tout, 2014^[3]; Jones, 2006^[154]; Murray, 2006^[155]; PIAAC Numeracy Expert Group, 2009^[2]; Tout, 2006^[156]; Tout et al., 2017^[11])—. Aquí también se incorporan las ideas generales discutidas anteriormente, así como cualquier limitación técnica conocida en la realización del Ciclo 2 de PIAAC.

Algunos enfoques generales:

- *Las preguntas deben abarcar el mayor número posible de aspectos dentro de cada una de las cuatro dimensiones básicas de la definición y elaboración de la competencia matemática.* Las preguntas deben requerir la activación de un amplio abanico de habilidades y conocimientos incluidos en el concepto de la competencia matemática, tal y como se describe en el marco conceptual representado en el Cuadro 3.2. En la siguiente subsección se detallan las especificaciones y los objetivos para el desarrollo y la difusión de las preguntas en relación con cada una de las dimensiones básicas.
- *Las preguntas deben aspirar a la máxima autenticidad y adecuación cultural.* Las tareas deben derivarse de estímulos de la vida real y pertenecer a toda la gama de contextos o situaciones (es decir, la vida cotidiana, el trabajo, la sociedad) que se puede esperar que sean de importancia o relevantes en los países que participan en PIAAC. El contenido de los ítems y las preguntas deben parecer útiles a los encuestados de todas las culturas, aunque hay que reconocer que en una evaluación a gran escala como la de PIAAC, no todas las preguntas y contextos pueden ser personalmente familiares para toda la población adulta de un mismo país, y mucho menos en todos los países.
- *Las preguntas deben tener diferentes formatos de respuesta,* en la medida en que lo permita la plataforma informática utilizada para administrar las evaluaciones directas en el PIAAC. Los ítems deben estar estructurados de manera que incluyan un estímulo (p. ej., una imagen, un dibujo, una presentación visual) y una o más preguntas, cuyas respuestas comunica el encuestado del modo disponible en la plataforma. La entrada numérica se limita al conjunto de 10 dígitos y a los separadores comunes (, y.) u otros símbolos matemáticos cuando sea pertinente.
- *Los ítems deben adaptarse a diferentes niveles de capacidad.* Las preguntas deben abarcar la gama de niveles de capacidad previstos en los participantes de PIAAC, desde los individuos poco cualificados (que son de especial interés en los países en los que las políticas y los programas educativos pueden estar destinados a poblaciones poco cualificadas), hasta los que tienen competencias avanzadas. El Esquema de Complejidad de ALL y PIAAC (Tout et al., 2020^[141]) se utilizó para proporcionar una estimación inicial de la dispersión de las dificultades de las preguntas con el fin de ayudar a seleccionar los ítems para la Prueba Piloto.

- *Las preguntas deben presentar un diferente grado de integración entre tarea y texto.* Algunas preguntas deben estar incluidas o contener textos relativamente densos, mientras que otras deben utilizar poco o ningún texto. Esta distribución pretende reflejar los diferentes niveles de integración del texto en las tareas de competencia matemática del mundo real, así como reducir el solapamiento con la escala de comprensión lectora.
- *Las preguntas deben ser eficientes.* Para poder cubrir muchas facetas clave de la competencia matemática, será necesario incluir un gran número de estímulos y preguntas diversas. Sin embargo, debido a las limitaciones de tiempo de las pruebas, es necesario utilizar tareas cortas, excluyendo preguntas que puedan simular largos procesos de resolución de problemas o que requieran una larga respuesta abierta.
- *Las preguntas deben poder adaptarse a los sistemas de unidades de los países participantes.* Las preguntas deben diseñarse de forma que sus exigencias matemáticas subyacentes sean lo más coherentes posible en todos los países, en lo que respecta al lenguaje y a las convenciones matemáticas. Por ejemplo, las preguntas deben diseñarse de forma que puedan aplicarse diferentes sistemas de moneda o diferentes sistemas de medida (métrico o imperial) a los números o cifras utilizados. Las preguntas deben mantener la equivalencia con respecto a sus demandas matemáticas o cognitivas después de ser traducidas.

Plan para la evaluación de la competencia matemática en el Ciclo 2 de PIAAC

Sobre la base de la definición y la elaboración de la competencia matemática descritas en las secciones anteriores y de los debates previos sobre las mejoras de la evaluación, y las limitaciones vinculadas a la realización del Ciclo 2 de PIAAC, en esta subsección se especifica el esquema de las proporciones de las preguntas en relación con cada una de las dimensiones básicas del constructo. Como referencia, las especificaciones de cada dimensión se comparan con los objetivos anteriores del Ciclo 1 y también con los de PISA 2012 y 2021.

Este proyecto especifica el contenido de la prueba para la evaluación directa de los aspectos cognitivos de la competencia matemática tal y como se define para el Ciclo 2 de PIAAC, teniendo en cuenta las restricciones y limitaciones mencionadas anteriormente, y las mayores oportunidades que ofrece el Ciclo 2 en comparación con el Ciclo 1 de PIAAC. Esto ayuda a establecer los requisitos de validez del constructo y del contenido para la evaluación cognitiva de la competencia matemática, que se confirman y perfeccionan a través de los procesos de garantía de calidad (QA) y el análisis psicométrico y la revisión de las preguntas tras la prueba piloto. Los procesos de control de calidad incluyen comentarios de los países participantes y un proceso formal de traducción y revisión con expertos lingüísticos. Estos procesos de control de calidad detectan problemas relacionados con la estructura lingüística y el significado de las preguntas, así como del contenido y las cuestiones culturales. Se realiza una prueba piloto con una muestra de la población objetivo en cada país participante antes de aplicar la evaluación final. Los datos de la prueba piloto se recogen y analizan psicométricamente y, a partir de estos análisis detallados, se rechazan las preguntas defectuosas por motivos diversos, como la fiabilidad, la equidad y la validez. A continuación, en las preguntas que han resultado aceptadas, se realizan algunos ajustes y, a continuación, se elige una serie representativa de preguntas a partir del esquema y se les da el formato definitivo.

En el esquema intervienen las cuatro dimensiones incorporadas en la definición de la competencia matemática y la elaboración de la capacidad numérica, como se ha señalado anteriormente:

La **competencia matemática** consiste en **acceder, utilizar y razonar críticamente** sobre **contenido, información e ideas matemáticas representadas de múltiples maneras** con el fin de **participar y gestionar las exigencias matemáticas de una variedad de situaciones** de la vida adulta.

Las cuatro dimensiones básicas nombradas y descritas en la competencia matemática para el Ciclo 2 de

PIAAC, es decir:

- procesos cognitivos
- contenido
- representaciones
- contexto.

Procesos cognitivos

En el caso de los tres nuevos *procesos cognitivos*, la distribución del campo es muy similar a la de los procesos de PISA 2012, que tienen una estructura parecida, pero bastante diferente a la del Ciclo 1 de PIAAC debido a la estructura revisada y diferente de esta clasificación de respuestas. También se intenta estar menos centrado en el proceso tradicional de cómo se trabaja con las matemáticas (*Trabajar con las matemáticas y utilizarlas*), y tener también una buena representación de los otros dos procesos, que son vistos por el Grupo de Expertos en Competencia Matemática (Numeracy Expert Group, NEG) como aspectos significativos de cómo la población adulta afronta y resuelve un problema de competencia matemática cuando las matemáticas forman parte de una situación auténtica. Este objetivo podría ser difícil de lograr, pero estos eran los objetivos a los que aspiraba el NEG.

Tabla 3.5. Representación de los procesos cognitivos en PIAAC y PISA

PIAAC Ciclo 1	PIAAC Ciclo 2	PISA 2012	PISA 2021
Identificar/localizar/acceder (10 %)	Acceder a situaciones y evaluarlas matemáticamente (25-35 %)	Formular situaciones de forma matemática (25 %)	Formular situaciones de forma matemática (25 %)
Trabajar/utilizar (ordenar, contar, estimar, calcular, medir, modelar) (50 %)	Trabajar con las matemáticas y utilizarlas (30-40 %)	Usar conceptos, hechos, procedimientos y razonamientos matemáticos (50 %)	Usar conceptos, hechos, procedimientos y razonamientos matemáticos (25 %)
Interpretar/evaluar/comunicar (40 %)	Evaluar, reflexionar críticamente, emitir juicios (25-35 %)	Interpretar, aplicar y evaluar los resultados matemáticos (25 %)	Interpretar, aplicar y evaluar los resultados matemáticos (25 %)
			Razonamiento matemático (25 %)

Contenido

En las cuatro áreas de contenido, la Competencia distribución de la dimensión fue similar a la del Ciclo 1 y a la de PISA. Una de las diferencias es que PIAAC no pretende tener tantas preguntas en el área matemática más formal de *Cambio y relaciones*, que incluye el pensamiento algebraico, que interesa más a los jóvenes de 15 años para una evaluación de centro educativo como PISA. Para el Ciclo 2 de PIAAC se ha prestado una mayor atención al área de *Datos y azar*. El uso y la dependencia de la presentación de datos numéricos, cuantitativos y de otro tipo, así como de los análisis correspondientes, se considera un área más común e importante con la que la población adulta tiene que lidiar ahora en el siglo XXI.

Tabla 3.6. Representación de las áreas de contenido en PIAAC y PISA

PIAAC Ciclo 1	PIAAC Ciclo 2	PISA 2012 y 2021
Cantidad y número (30 %)	Cantidad y número (20-30 %)	Cantidad (25 %)
Dimensión y forma (25 %)	Espacio y forma (20-30 %)	Espacio y forma (25 %)
Patrón, relaciones y cambio (20 %)	Cambio y relaciones (15-25 %)	Cambio y relaciones (25 %)
Datos y azar (25 %)	Datos y azar (25-35 %)	Incertidumbre y datos (25 %)

Representaciones

En el caso de las cuatro nuevas clasificaciones de *representación*, el NEG también ha sido ambicioso en sus objetivos y se ha propuesto fijar metas relativamente altas para las representaciones del siglo XXI, las cuales se incluyen tanto en los tipos de materiales de *información estructurada* (infografía, etc.) como en las *aplicaciones dinámicas*, que incluyen sitios web y aplicaciones interactivas en línea junto con aplicaciones y herramientas de software más estándar. Al final, esto se equilibrará con las preguntas de enlace existentes del Ciclo 1 de PIAAC y de ALL, donde la representación puede ser más tradicional y menos del siglo XXI en su estilo y formato. Cabe señalar que, en el ciclo anterior, el tipo de representaciones no se controló explícitamente en cuanto a su proporción dentro del banco de preguntas, y se considera que la incorporación de la representación en la definición y las dimensiones mejorará la calidad de las preguntas de competencia matemática de PIAAC.

Tabla 3.7. Las clasificaciones de representación de PIAAC

PIAAC Ciclo 1	PIAAC Ciclo 2
Objetos e imágenes (sin especificar)	Texto o símbolos (15-25 %)
Números y símbolos matemáticos (no especificados)	Imágenes de objetos físicos (15-25 %)
Fórmulas (no especificadas)	Información estructurada (35-45 %)
Diagramas y mapas, gráficas, tablas (sin especificar)	Aplicaciones dinámicas (15-25 %)
Textos (no especificados)	
Pantallas tecnológicas (no especificadas)	

Contexto

Para los tres contextos restantes en el Ciclo 2 de PIAAC, el objetivo es tener una distribución equitativa como en los ciclos anteriores, como también ocurre en PISA.

Tabla 3.8. Representación del contexto en PIAAC y PISA

PIAAC Ciclo 1	PIAAC Ciclo 2	PISA 2012 y 2021
Vida cotidiana (25 %)	Personal (30-35 %)	Personal (25 %)
Relacionado con el trabajo (25 %)	Trabajo (30-35 %)	Ocupacional (25 %)
Social o Comunitario (25 %)	Social/comunitario (30-35 %)	Social (25 %)
Aprendizaje continuo (25 %)		Científico (25 %)

Factores que explican la complejidad de las preguntas/tareas

Al planificar una evaluación, es importante, por supuesto, ser capaz de entender lo que mide. Los diseñadores de la evaluación parten de la base de que, al enfrentarse a las preguntas de la evaluación (incluidas las tareas, las cuestiones, los estímulos, etc.), los encuestados activan procesos cognitivos y se apoyan en los conocimientos almacenados y las destrezas aprendidas que forman parte del constructo que se está midiendo. Por lo tanto, las diferencias en los niveles de rendimiento pueden explicarse por las bases de conocimiento cognitivo subyacentes y otros procesos facilitadores. De ello se desprende que es útil disponer de un modelo teórico o de un conjunto de hipótesis sobre los factores que hacen que ciertas tareas sean más difíciles o más complejas que otras, para poder interpretar correctamente los resultados de la evaluación. Un modelo o esquema de los factores que afectan a la complejidad de la tarea también puede ayudar a la hora de relacionar los resultados de la evaluación con posibles intervenciones sociales (o educativas), es decir, señalar las habilidades que faltan y que hay que seguir desarrollando en la población (Brooks, Heath y Pollard, 2005^[189]).

Los trabajos previos de Kirsch y Mosenthal —p. ej., (Kirsch y Mosenthal, 1990^[190]; Kirsch, Jungblut y Mosenthal, 1998^[191])— y los proyectos anteriores han señalado varios factores clave que explican la dificultad de la tarea cuando se tienen en cuenta preguntas de aritmética o preguntas que implican la comprensión de textos. Entre ellos se encuentran la legibilidad, el tipo de coincidencia, la verosimilitud de los distractores, la especificidad de la operación («transparencia») y el tipo de cálculo y el número de pasos. Los trabajos de Kirsch y Mosenthal han servido de base para el diseño de las tareas de evaluación de IALS y de otras encuestas, así como para la interpretación de sus resultados. En el diseño de la escala de competencia matemática de ALL, el equipo intentó avanzar en el esquema de complejidad de Kirsch y Mosenthal y desarrollar suposiciones preliminares con respecto a los factores que afectan a la dificultad de los múltiples tipos de tareas nuevas introducidas para medir el constructo de competencia matemática, que estaban más allá de los que abarca el constructo más cerrado de *comprensión lectora cuantitativa* en IALS. Nos referimos, por ejemplo, a las preguntas que implican porcentajes, conocimientos de medición y razonamiento espacial, conceptos estadísticos, etc.

Los desarrolladores de la escala de *alfabetización matemática* de PISA (2006) también reconocieron múltiples factores que afectan a la dificultad de las preguntas, como el tipo y el grado de interpretación y reflexión que requiere el problema, el tipo de habilidades de representación requeridas, o el tipo y el nivel de destreza matemática requerida, por ejemplo, problemas de un solo paso frente a problemas de varios pasos, o conocimientos matemáticos más avanzados, toma de decisiones complejas y habilidades de resolución de problemas y modelización, o el tipo y el grado de argumentación matemática requerida. Otros factores que se supone que afectan a la dificultad, tanto en PISA como en ALL y en otras encuestas, están relacionados con el grado de familiaridad con el contexto y con la medida en que las tareas requieren la reproducción de procedimientos y pasos conocidos o presentan situaciones novedosas que exigen respuestas no rutinarias y quizá más creativas. Cabe señalar que la descripción de los factores de complejidad de PISA parece bastante compatible con la de ALL, aunque parte de la terminología es diferente, y los informes publicados de PISA no explican en detalle cómo se utilizó para orientar el diseño de las preguntas específicas.

El esquema de complejidad de la competencia matemática utilizado en ALL (Gal et al., 2005^[28]) ha sido decisivo en las etapas de desarrollo de las preguntas y las etapas de construcción de la escala de ese estudio, especialmente porque ayudó a evaluar de antemano si las preguntas abarcarían diferentes niveles de dificultad. Dado que la evaluación de la competencia matemática en PIAAC se basa en los principios desarrollados para ALL y que la escala de evaluación de la competencia matemática de PIAAC utiliza preguntas de enlace utilizadas en ALL, el esquema de complejidad de ALL ha sido adoptado y actualizado como herramienta analítica para el desarrollo e interpretación de las preguntas también para PIAAC. Los detalles sobre este esquema actualizado de la complejidad de la competencia matemática de PIAAC se proporcionan en Tout et al. (2020^[141]).

Relación entre PIAAC y PISA

En esta sección se analiza la relación entre el marco de competencia matemática de PIAAC y el marco y la evaluación de la alfabetización matemática de PISA. Muchos de estos aspectos se han discutido anteriormente al considerar el constructo del marco y sus parámetros, y el proyecto de evaluación. Esta sección resume las similitudes y diferencias.

Nota: en esta sección las referencias utilizadas son las escritas y documentadas en el marco de competencia matemática original y completo del Ciclo 1 de PIAAC (PIAAC Numeracy Expert Group, 2009^[2]). Del mismo modo, las referencias a PISA se refieren principalmente al marco de alfabetización matemática de PISA 2012 y sus descripciones (OCDE, 2013^[122]). Esto se debe a que, en 2012, la alfabetización matemática fue el dominio principal para PISA, cuando se revisó y actualizó el marco correspondiente. El mismo marco y constructo de evaluación de la alfabetización matemática se utilizó

para los dos siguientes ciclos de PISA en 2015 y 2018. Para PISA 2021, la alfabetización matemática vuelve a ser el ámbito principal de PISA y, por lo tanto, se está actualizando y revisando el marco y el concepto de evaluación. Esto ocurría en paralelo con el desarrollo del marco de conocimientos de competencia matemática para el Ciclo 2 de PIAAC. El Grupo de expertos en competencia matemática de PIAAC (NEG) pudo acceder a una copia del segundo borrador del marco de matemáticas de PISA 2021 (OCDE, 2018^[123]) en noviembre del 2018. Había sido elaborado por el grupo de expertos en matemáticas bajo la dirección de RTI International como contratista internacional nombrado por la OCDE. Por lo tanto, la mayoría de las comparaciones entre la competencia matemática de PIAAC y la alfabetización matemática de PISA se han basado en una comparación del marco y las descripciones de PISA 2012, pero cuando ha sido posible, la NEG de PIAAC también ha incluido comentarios y comparaciones con el marco actualizado de alfabetización matemática de PISA 2021.

Los puntos en común entre PIAAC y PISA

En las siguientes subsecciones se examinan los puntos comunes y los vínculos entre PISA y PIAAC a través de las características y los parámetros de PIAAC.

Contenido matemático

Tanto la competencia matemática en PIAAC como la alfabetización matemática en PISA utilizan un enfoque no centrado en el currículo de centro educativo para nombrar y describir las áreas de contenido que están contempladas en sus evaluaciones. El objetivo de ambos marcos es describir las matemáticas para su uso y aplicación fuera del aula, por lo que la estructura organizativa del conocimiento de contenido matemático se basa en cómo se producen los fenómenos matemáticos en situaciones del mundo exterior. Aunque los marcos PISA y PIAAC fueron desarrollados por equipos independientes, utilizan descriptores muy similares para sus clasificaciones de contenidos, que presentan y describen como *Grandes Ideas* de las matemáticas.

Los dos marcos son muy coherentes en cuanto a la forma en que describen y estructuran el contenido matemático de las evaluaciones. Hay distribuciones muy similares en cada área de contenido. Como se ha comentado anteriormente, PIAAC tiene menos interés en el área más formal de las matemáticas de *Cambio y relaciones*, que interesa más en una evaluación de PISA para jóvenes de 15 años.

Contextos

Los conjuntos de descriptores de contexto utilizados en ambos marcos en relación con los tres primeros contextos (*Personal; Laboral/Ocupacional; Social o Social/Comunitario*) son muy coherentes entre sí, con una distribución similar de las preguntas.

El NEG revisó el cuarto contexto, *Aprendizaje continuo* en el Ciclo 1 de PIAAC y, tras compararlo con el *Científico* en PISA, decidió que lo más adecuado era eliminar la clasificación denominada *Aprendizaje continuo*, que en PISA incorporaba preguntas que se consideran intramatemáticas. La necesidad de contar con estas preguntas en PIAAC que trataban sobre el conocimiento de los aspectos más formales de las matemáticas, incluyendo las convenciones utilizadas para aplicar las reglas y los principios matemáticos, debía solventarse con la inclusión de estos requisitos a través del área de conocimiento de contenidos de *Cambio y relaciones*.

En este caso, la diferencia con las clasificaciones de contexto de PISA refleja los diferentes intereses en la comprensión matemática más formal de los jóvenes de 15 años dentro del entorno del centro educativo frente a los de la población adulta fuera del centro educativo. Cualquier otra diferencia en la cobertura de las preguntas se debe a la edad de los dos grupos específicos, ya que algunas de las situaciones de PIAAC

descritas son más relevantes para la población adulta, y algunas de las situaciones de PISA son más apropiadas para los jóvenes de 15 años.

Respuestas/acciones

Esta faceta de la estructura original del Ciclo 1 dePIAAC sobre competencia matemática fue un aspecto del marco de la competencia matemática que el documento de estudio de2017 indicó que necesitaba una revisión significativa y también recomendó que PIAAC podría aprender de los procesos descritos en el marco de alfabetización matemática de PISA 2012. Por lo tanto, los tres nuevos *procesos cognitivos* desarrollados para el Ciclo 2 dePIAAC presentan una gran similitud y coherencia con los procesos PISA de *Formulación, Uso e Interpretación/Evaluación*. Esto se debe a que el NEG tomó en cuenta la intención y la estructura de los tres ciclos de proceso de PISA 2012 en el desarrollo de la nueva dimensión de proceso cognitivo para el Ciclo 2 de PIAAC. En relación con el nuevo proceso de razonamiento matemático incluido en PISA 2021, el NEG considera que, para la evaluación de las competencias matemáticas de la población adulta, el aspecto principalmente intramatemático del razonamiento matemático debe integrarse en el aspecto de resolución de problemas del mundo real para PIAAC, y no evaluarse como una parte separada del constructo. Por lo tanto, el razonamiento matemático, su comprensión y aplicación, se integran en los aspectos relevantes de los otros tres procesos cognitivos.

Formatos de las preguntas

En su revisión y comparación de los dos marcos de competencia matemática para PISA y PIAAC, Gal y Tout (2014^[3]) concluyeron en relación con la cuestión de los formatos de las preguntas que:

PISA 2012, con su gama más completa de tipos de preguntas y su evaluación informática más interactiva, permitirá descripciones más ricas y ampliadas de los subcomponentes de la alfabetización matemática en comparación con la información que puede generar la evaluación de la competencia matemática en PIAAC. (Gal y Tout, 2014, p. 52^[3])

Además, en el documento de estudio se comentaba que gran parte del banco de preguntas del Ciclo 1 y ALL de PIAAC se basaba en imágenes estáticas y se asemejaba más a las evaluaciones en papel transferidas a un ordenador, y que esto tampoco parece reflejar ahora el modo en que se sitúan y practican las tareas y acciones de la competencia matemática en el siglo XXI.

Como ya se ha dicho, la próxima entrega de la evaluación de competencia matemática del Ciclo 2 de PIAAC es más eficiente que la del Ciclo 1 en cuanto a permitir el uso de formatos de preguntas nuevas y más interactivas, al estilo del siglo XXI. Estos elementos se han desarrollado y se probarán en la prueba piloto.

Comentarios generales

Sobre la base de las comparaciones detalladas de los dos marcos de competencia matemática para PISA y PIAAC realizadas por el equipo de revisión, por Gal y Tout (2014^[3]), y por dos miembros del equipo de revisión de 2017 que estaban familiarizados con los conjuntos completos de preguntas de PISA 2012 y PIAAC, y no solo con las preguntas publicadas, es evidente que ambas evaluaciones describen y cubren áreas muy similares.

A nivel conceptual, la competencia matemática y la alfabetización matemática son conceptos estrechamente relacionados en cuanto a sus ideas básicas y subyacentes. En relación con las definiciones y descripciones de los conceptos y lo que evalúan, Gal y Tout, en su comparación de los dos programas, resumieron las similitudes:

Ambos conceptos se refieren a la capacidad de los individuos para enfrentarse a tareas que probablemente aparezcan en el mundo real y que contengan información matemática o cuantitativa, o que requieran habilidades y conocimientos matemáticos o estadísticos.

Ambos conceptos se centran en la capacidad de los individuos para utilizar sus conocimientos y habilidades matemáticas para resolver problemas derivados de necesidades o demandas prácticas (es decir, del mundo real) y para asumir, gestionar y comprender diversas tareas del mundo que les rodea, en lugar de abordar tareas matemáticas descontextualizadas.

Tanto PISA como PIAAC describen la alfabetización matemática o la competencia matemática como algo que no es sinónimo de un nivel mínimo o bajo de conocimientos y habilidades matemáticas. Es decir, ambas evaluaciones consideran que los conceptos describen competencias que se sitúan en un continuo, es decir, los individuos podrían situarse en una escala que va desde niveles bajos a niveles altos. (Gal y Tout, 2014, págs. 47-48^[3])

Llegaron a la conclusión de que tanto los marcos, las definiciones y las evaluaciones de PIAAC como de PISA tienen importantes similitudes conceptuales y también puntos comunes prácticos en las preguntas de sus pruebas y en los principios de diseño, así como en la gama de áreas de contenido y competencias que cubren (Gal y Tout, 2014^[3]). Sin embargo, existen algunas diferencias entre las dos evaluaciones, relacionadas con la diversidad de la experiencia previa y la distancia respecto de la escolarización entre la población adulta y los chicos/as. Como escribieron Gal y Tout:

Dado que muchas personas adultas no recuerdan las representaciones más formales del centro educativo ni el lenguaje técnico, el diseño de las preguntas de PIAAC ha tenido en cuenta desde el principio la necesidad de establecer la autenticidad, reduciendo al mismo tiempo el uso de notaciones formales y la apariencia de «centro escolar». (Gal y Tout, 2014, p. 39^[3])

Un examen de las series de preguntas tanto de PISA como de PIAAC muestra que PISA está más interesado en la capacidad de los jóvenes de 15 años para usar y aplicar las habilidades y los conocimientos matemáticos curriculares integrados en una situación del mundo real. Por otro lado, PIAAC se interesa algo menos por cómo los encuestados utilizan las competencias matemáticas formales cuando resuelven un problema matemático de la vida real. Por ejemplo, en algunas de las preguntas de alfabetización matemática de PISA se pide al alumnado de 15 años que utilice información de una situación de la vida real para calcular e identificar características formales específicas de los gráficos de ecuaciones lineales, como la pendiente y la intersección con el eje y . Este tipo de conocimientos matemáticos más formales no se evalúan en PIAAC, ya que, por lo general, a los encuestados de PIAAC no se les pide que den pruebas de su conocimiento del uso y la comprensión de las notaciones matemáticas formales escolares, que es probable que se han olvidado por no haberlas utilizado con frecuencia.

Factores/indicadores de capacidad matemáticas

Una de las características importantes de los marcos PISA y PIAAC es la forma en que cada uno de ellos ha desarrollado de forma independiente un esquema que describe los aspectos de las preguntas de las pruebas que impulsan la dificultad de las mismas, y que indican la capacidad matemática de los individuos y poblaciones evaluados.

PIAAC lo hace con bastante detalle en el apéndice del marco (PIAAC Numeracy Expert Group, 2009, págs. 44-56^[2]). Además de clasificar las preguntas de la prueba según los conocimientos de contenido matemático necesarios para responderlas, el anexo presenta un esquema detallado diseñado para mostrar la complejidad de las preguntas de la prueba. Se definen cinco «factores de complejidad» y se presenta un esquema para clasificar las tareas matemáticas según el grado de presencia de cada factor en las preguntas de la prueba. Se dan ejemplos para mostrar cómo se aplicaría el esquema de calificación, y se asume que una puntuación total mediante factores para una pregunta individual (se podrían generar 20 puntos de puntuación) estaría estrechamente relacionada con la dificultad de la pregunta; y por implicación, la respuesta acertada a preguntas específicas puede ser utilizada como un indicador de niveles de

capacidad matemática.

El marco de PISA 2012 especifica un conjunto de «capacidades matemáticas fundamentales», cuya activación supuestamente proporciona un grupo de indicadores de alfabetización matemática. Como parte de las actividades de investigación documentadas por Turner, Blum y Niss (2015^[192]), se ha desarrollado un esquema diseñado para calificar las preguntas individuales en función del grado en que cada una de esas capacidades es necesaria para responder a las preguntas de PISA. Esta investigación ha demostrado que el esquema predice la dificultad de las preguntas de la prueba PISA. La demostración de la activación de las capacidades es fundamental para las descripciones de PISA sobre el incremento de la alfabetización matemática.

Alineación de las dos escalas

El equipo de revisión de 2017 estuvo de acuerdo en que, dada la coherencia general de lo que se evalúa tanto en PIAAC como en PISA, y basándose en la revisión y conocimiento de los dos marcos y grupos de preguntas, se podría ganar mucho si se establecieran relaciones y vínculos significativos, más explícitos entre el marco de competencia matemática de PIAAC y el marco y la evaluación de alfabetización matemática de PISA. La mejor manera de hacerlo sería estableciendo una relación empírica entre las dos escalas a través de un estudio de mapeo/vinculación en el que la población adulta y los jóvenes de 15 años se enfrentaran a preguntas comunes de ambas evaluaciones. Esto haría que el análisis y la comparación entre las dos evaluaciones fueran más sólidos y útiles para la investigación, tanto dentro de los países como a nivel internacional. También permitiría investigar cómo se abordan las preguntas de manera diferente entre quienes asisten a un centro educativo y quienes no, y se apoyaría la aportación de datos más sólidos para permitir investigar la evolución desde el centro educativo hasta la vida adulta.

Componentes de la competencia matemática

La implementación de un equivalente a la evaluación de los componentes de lectura de PIAAC para la evaluación de la competencia matemática de PIAAC se describe en esta sección.

Introducción

El segundo ciclo de PIAAC incluirá un nuevo conjunto de preguntas de bajo nivel, denominadas componentes de competencia matemática, que pretenden arrojar más luz sobre las competencias matemáticas de la población adulta con puntuaciones bajas (por debajo del nivel 1). Al analizar los resultados del primer ciclo de PIAAC, se consideró que faltaba información para elaborar inferencias válidas sobre cuáles eran las destrezas en competencia matemática que poseía la población adulta por debajo del nivel 1 o de las que carecía. Cabe señalar que el NEG y la revisión de 2017 reconocieron que había dos formas de lograrlo. La primera fue redactar algunas preguntas nuevas más fáciles para complementar las tres preguntas existentes por debajo del nivel 1, y, en paralelo, se adoptó la segunda solución de desarrollar los componentes de competencia matemática.

En la revisión del marco de competencia matemática del Ciclo 1 de PIAAC, se investigaron los posibles elementos básicos para la construcción de los componentes y se discutieron los problemas y las limitaciones que surgieron (Tout et al., 2017^[11]).

Durante el desarrollo de este marco de competencia matemática para el Ciclo 2 de PIAAC y el diseño de las preguntas de competencia matemática del segundo ciclo, se llevó a cabo una investigación adicional para establecer qué tipo de preguntas de evaluación de competencia matemática serían adecuadas para evaluar algunos de los componentes de competencia matemática identificados, dadas las limitaciones de las modalidades de encuesta.

Habilidades de componentes de lectura

En su primer ciclo, PIAAC incluyó por primera vez una evaluación de las «habilidades en componentes de lectura», a menudo abreviada como «componentes de lectura», para evaluar el grado de dominio de las competencias básicas de lectura por parte de los individuos con bajos niveles de rendimiento (Sabatini y Bruce, 2009^[193]). En el Ciclo 1² se incluyeron tres tipos de tareas

- Vocabulario impreso, en el que se pedía a los encuestados que identificaran cuál de las cuatro palabras correspondía a una imagen.
- Procesamiento de frases, en el que se presentaba una única frase y se pedía a los encuestados que identificaran si tenía sentido o no seleccionando «Sí» o «No».
- Comprensión de párrafos, que eran tareas de selección en las que los encuestados elegían una palabra entre varias para que las frases de un párrafo tuvieran sentido.

En la evaluación de los componentes de lectura del primer ciclo de PIAAC, se incluyó un nivel de apoyo oral por parte del entrevistador de la prueba, y esto mismo se está considerando para el Ciclo 2. Para estas preguntas se capturó tanto la información de precisión como la de tiempo, lo que permitió el análisis tanto de la habilidad como de la fluidez.

En el Ciclo 2, la medida de los componentes de lectura incluirá preguntas de comprensión de oraciones y párrafos y se gestionará en la tableta. Esto hará posible una presentación automatizada de las preguntas, lo que permitirá a los encuestados demostrar mejor su fluidez, y también permitirá la recogida de información de tiempos comparables.

Justificación de la evaluación del componente de competencia matemática

El rendimiento global en el Ciclo 1 de PIAAC mostró que el 5 % de la población adulta encuestada en la primera ronda de 24 países se situaba por debajo del nivel 1. Al incluir la segunda ronda de países, los resultados mostraron que el 6,7 % estaba por debajo del nivel 1 en 33 países. Esto se compara con un rendimiento en competencia lectora del 3,3 % en los 24 países originales, y del 4,5 % en la segunda ronda de 33 países. De ahí que los porcentajes de la población adulta que tienen un nivel más bajo en competencia matemática sean significativamente más altos en comparación con la comprensión lectora (OCDE, 2013^[161]; OCDE, 2016^[194]). Por lo tanto, los datos empíricos son un argumento muy sólido para desarrollar un equivalente a la evaluación de los componentes de lectura en la evaluación de PIAAC de competencia matemática basándose en las cifras más altas de adultos con rendimiento en ese nivel, en comparación con la lectura.

Destrezas en componentes de matemáticas - cuestiones conceptuales

La finalidad de definir, construir y administrar las preguntas para una evaluación de componentes de tipo matemático tiene los mismos objetivos: desarrollar un conjunto de «tareas precisas» para que «al menos parte de la población adulta demuestren algún nivel de conocimiento y habilidades **en competencia matemática**».

En el ámbito de la competencia matemática, estas habilidades en la población adulta han sido menos investigadas, teorizadas y examinadas cuantitativamente en comparación con las habilidades de comprensión lectora —p. ej., véase (Grotlüschen et al., 2016^[195]; Sabatini y Bruce, 2009^[193])—. Eso hizo que conceptualizar y desarrollar la evaluación de componentes de matemáticas para el segundo ciclo de PIAAC fuera una tarea difícil. Se reconoció que era necesario investigar y debatir mucho más para establecer el contenido sensato y significativo de los componentes de matemáticas para la población adulta, el alcance de esas habilidades y cómo se relacionan con las preguntas existentes de PIAAC por debajo del nivel 1 y sus descripciones. Sin embargo, las limitaciones de tiempo relacionadas con la

necesidad de desarrollar las preguntas de prueba en un plazo de 6 meses a partir de la primera reunión del NEG en marzo de 2018, significaron que el NEG tuvo que proceder de la mejor manera posible.

Sin embargo, el NEG era consciente de que tenía una oportunidad única de crear una evaluación que no se había desarrollado ni administrado antes y que potencialmente proporcionaría valiosos datos de investigación y conocimientos sobre la población adulta con bajos niveles de destrezas en competencia matemática y matemáticas. Se aprovechó la oportunidad de utilizar la prueba piloto de PIAAC para probar cómo funcionaría una evaluación de componentes de matemáticas y se procedió a investigar qué funcionaría mejor y a desarrollar algunas preguntas de prueba.

El equipo de revisión (Tout et al., 2017^[11]) y el NEG investigaron una serie de posibles fuentes de contenido, pero el plazo de investigación fue limitado. En los próximos años, el NEG recomienda que se investigue y ensaye más a fondo esta cuestión.

Habilidades en componentes de matemáticas: ¿prerrequisitos o fundamentos?

Los componentes de lectura se describen como competencias básicas de lectura precisas que preceden a las competencias de lectura más complejas. En el ámbito de la competencia matemática, todavía no se han definido con claridad estas habilidades básicas tan precisas. El desarrollo de competencia matemática de las personas comienza «en la cuna», donde los recién nacidos tienen sus primeras experiencias con los números, las formas y tamaños de los objetos y la orientación espacial. La naturaleza exacta de estas habilidades matemáticas básicas sigue estando poco investigada.

Para complicar aún más las cosas, en la literatura de investigación también se utiliza el término «componentes de la competencia matemática» para los elementos fundamentales que constituyen el concepto de competencia matemática. Se trata de una perspectiva diferente a la de pensar en ellos como las bases o los requisitos previos para el desarrollo de competencias matemáticas más complejas. Por ejemplo, Ginsburg, Manly y Schmitt (2006^[29]) realizaron una investigación exhaustiva en los marcos de competencia matemática existentes para discernir cualquier aspecto recurrente en una serie de marcos de competencia matemática existentes. Denominaron a estos elementos «componentes de competencia matemática» y los llamaron «aquellos elementos fundamentales que son inherentes a una práctica numérica competente» (p. 2). Enumeraron los componentes como: *Contenido*, *Contexto* y *Cognitivo y afectivo*. Se trata claramente de otra definición de un «componente de la competencia matemática» en comparación con la perspectiva de describir y definir algunos aspectos fundamentales evaluables de las destrezas de tipo matemático de bajo nivel de la población adulta.

También es necesaria otra aclaración. Los componentes de la competencia matemática no son, como a veces se supone en la opinión de los profanos, los «básicos»: saber de memoria las operaciones aritméticas como la suma y la resta hasta 20 y la multiplicación y la división por números de una cifra. El NEG considera que se trata de hechos aritméticos básicos en el ámbito de las operaciones con números descontextualizados, que solo cubre una parte ínfima de la dimensión de contenido de PIAAC. Estas destrezas «básicas» no son en absoluto básicas o elementales para gran parte de la población adulta con bajo nivel de rendimiento en PIAAC, ya que estas destrezas hacen uso de notaciones y convenciones abstractas y escolares, y carecen de la dimensión clave del «sentido», que es un pilar fundamental esencial del marco de la competencia matemática en su conjunto.

Así pues, hay dos grandes retos que hay que tener en cuenta en el desarrollo de una evaluación de los componentes de competencia matemática para el segundo ciclo de PIAAC. Uno de ellos es la amplitud y el nivel de los contenidos matemáticos que deben incluirse como algunas de las habilidades o destrezas fundamentales. En segundo lugar, se trata de cómo mantener el sentido de las preguntas, por ejemplo, si el uso de problemas del mundo real integrados en situaciones auténticas es factible en una evaluación de los componentes de la competencia matemática, o al menos qué consideraciones deben tenerse en cuenta para que la evaluación de los componentes funcione y sea relevante para los encuestados de la población

adulta que realizan la evaluación.

Aplicación y otras limitaciones

Otro reto importante para el NEG es que las preguntas deben encajar en las opciones de aplicación de toda la evaluación de PIAAC, incluyendo cuestiones relacionadas con el tiempo disponible y la incertidumbre sobre el nivel de apoyo oral disponible para los encuestados que llevan a cabo la Evaluación de Componentes.

Hay que tener en cuenta las limitaciones impuestas por los aspectos prácticos de la aplicación de una evaluación de este tipo a nivel internacional en varios idiomas, lo que repercutirá en lo que se pueda conseguir. Además, dada la probabilidad de que exista una interacción entre el bajo nivel de competencia matemática y de comprensión lectora, la realización de una evaluación de los componentes de matemáticas debe tener especialmente en cuenta las exigencias de lectura de la evaluación. Otros factores que hay que tener en cuenta son: el tiempo disponible, que repercutirá en el número y la variedad de preguntas que pueden utilizarse en términos de áreas de contenido y niveles de dificultad; los tipos de realización y de pregunta (instrucciones orales y apoyo por parte del administrador; realización en línea; interactiva o no), etc. Algunos de estos factores se analizan a continuación.

Por lo tanto, el NEG cree que este segundo ciclo del marco de competencia matemática de PIAAC solo está dando los primeros pasos para obtener información sobre la naturaleza del comportamiento y el rendimiento de la población adulta con un nivel bajo de competencia matemática. Sin embargo, se trata de unos primeros pasos importantes y muy valiosos.

Representaciones y exigencias de lectura

Será esencial que las exigencias de lectura sean las mínimas posibles para esta evaluación de los componentes de competencia matemática, manteniendo al mismo tiempo el vínculo con la vida real. El equipo de revisión (Tout et al., 2017^[1]) sugirió ofrecer apoyo oral/hablado de una u otra forma, ya sea por parte del encuestador o, si se realiza en un ordenador portátil o tableta, mediante apoyo de audio o vídeo. También podría considerarse la posibilidad de que el encuestador grabara las respuestas orales para el encuestado.

Otra recomendación es que los estímulos se basen en fotos o vídeos de representaciones realistas de objetos de la vida real, lo que contribuiría a hacerlos accesibles, más familiares y más realistas y auténticos, al tiempo que ayudaría a reducir la carga de lectura. Otra sugerencia fue utilizar elementos u objetos reales para algunas preguntas de la prueba. Pueden utilizarse para tareas como comparar, ordenar o clasificar. De este modo, la evaluación de los componentes de competencia matemática sería más accesible, práctica y concreta. Además, o como alternativa, se podría utilizar la tecnología para realizar acciones similares en la pantalla, como utilizar arrastrar y soltar elementos en un ordenador portátil o una tableta utilizando las capacidades de la pantalla táctil. Por ejemplo, se puede pedir a los encuestados que ordenen los objetos que representan cantidades arrastrando y soltando en lugar de escribir una lista ordenada.

La conclusión del NEG es que el uso de la tableta permite utilizar fotos y representaciones realistas de objetos de la vida real, lo que puede ayudar a hacerlos accesibles y más familiares. La pregunta de nivel 1 expuesta a continuación sobre un recuento del número de botellas es un buen ejemplo de cómo puede hacerse utilizando una foto y poco texto; de hecho, incluso sin poder leer el texto de la pregunta es muy probable que los encuestados sean capaces de suponer lo que la pregunta estaba pidiendo. Si también se ofreciera algún tipo de orientación o apoyo oral, esto haría que estas preguntas fueran aún más accesibles.

Tiempo

Dadas las limitaciones generales de tiempo para la evaluación, se informó al NEG que habría una restricción de tiempo de un máximo de aproximadamente 3 minutos para la duración de la evaluación de los componentes de competencia matemática, como es el caso de la evaluación de los componentes de lectura. Evidentemente, esto presenta restricciones significativas en cuanto a lo que se puede incluir en los componentes. Sin embargo, hay que señalar que esta restricción de tiempo no se revelará a los participantes para evitar el estrés injustificado y la ansiedad asociada al fracaso. El NEG ha defendido que para la prueba piloto se conceda más tiempo (hasta un total de 5 minutos) con el fin de ensayar y probar las nuevas preguntas. Esto proporcionará los datos empíricos y la información necesaria para tomar una decisión más fundamentada sobre la mejor manera de aplicar la evaluación de los componentes de competencia matemática en el Estudio Principal.

La restricción de tiempo para la entrega significa que, una vez transcurrido ese tiempo, el conjunto de preguntas se dará por terminado y no desaparecerán más preguntas nuevas. No se le dirá al encuestado cuántas preguntas se le presentarán; se continuará hasta que todas las preguntas se hayan presentado o hasta que se agote el tiempo límite. Los entrevistadores tendrán instrucciones de pedir al participante que siga trabajando durante la prueba.

Instrucciones orales y apoyo

Como se mencionó anteriormente, el documento de Estudio sugirió ofrecer apoyo oral/hablado de una forma u otra, ya sea por parte del entrevistador, o si se realiza en un ordenador portátil o tableta, mediante audio o vídeo. Sin embargo, las limitaciones en la realización de PIAAC y la necesidad de traducciones aprobadas de cualquier texto hablado en cualquier archivo de vídeo o audio, hicieron inviable la incorporación de instrucciones orales en la propia evaluación. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, se está considerando la posibilidad de algún nivel de apoyo o instrucciones orales por parte del entrevistador.

Por ello, era muy importante abordar la cuestión de minimizar el uso de texto, y la mejor manera de hacerlo era mediante el uso de fotos y representaciones realistas de objetos de la vida real, que pueden ayudar a que las preguntas sean más accesibles y familiares.

Utilizar el dinero

Otra cuestión es que parece obvio que algunas de estas preguntas de evaluación de los componentes de competencia matemática deberían basarse en el reconocimiento y el trabajo con dinero, lo que parece tener la ventaja de estar a) basado en los números, y b) ser importante en la vida de la mayoría de la población adulta, y también resulta bastante familiar. Sin embargo, el dinero depende en gran medida de cada país: su propia familiaridad se basa en su localización en un conjunto particular de relaciones, financieras y de otro tipo, y éstas no son necesariamente coherentes en todos los países. Los sistemas monetarios de los países participantes varían significativamente, y aunque PIAAC especifica directrices estrictas sobre la modificación de la magnitud de los importes monetarios para tratar de que sean al mismo tiempo realistas y matemáticamente comparables, en este nivel mínimo de complejidad matemática esto puede ser difícil de conseguir. El NEG cree que el concepto de sentido numérico sustenta la comprensión de la moneda y el trabajo con el dinero.

Formatos de las preguntas

Basándose en las limitaciones de realización de los componentes, algunas de las opciones de preguntas recomendadas que se consideraron más adecuadas para una evaluación de los componentes de competencia matemática, incluirían:

- uso de fotos y representaciones realistas de objetos de la vida real
- minimizar la necesidad de leer instrucciones escritas: utilizar un eje único y sencillo para introducir las series de preguntas/ítems (tenga en cuenta que este enfoque también contribuirá a la medición de la fluidez, ya que los encuestados no tendrán que dedicar tiempo a leer las instrucciones cambiantes de las preguntas)
- no se esperan respuestas escritas, por lo que hay que utilizar el estilo de respuestas «pulse sobre».

Destrezas en componentes de matemáticas: posible contenido

Al igual que en la evaluación de los componentes de lectura de PIAAC, el objetivo es conocer mejor las competencias y destrezas matemáticas de la población adulta con una puntuación inferior al nivel 1. Se trata de las personas que, en las encuestas anteriores, no pudieron responder correctamente a ninguna o a muchas de las preguntas de competencia matemática.

El nivel actual más bajo en PIAAC es el inferior al nivel 1, y la descripción de este nivel de rendimiento de competencia matemática en PIAAC es:

Las tareas de este nivel requieren que los encuestados lleven a cabo procesos sencillos como contar, ordenar, realizar operaciones aritméticas básicas con números enteros o dinero, o reconocer representaciones espaciales comunes en contextos concretos y familiares en los que el contenido matemático es explícito con poco o ningún texto o distractores. (OCDE, 2013, p. 76^[161])

Las tres preguntas existentes por debajo del nivel 1 de PIAAC de competencia matemática son:

- el recuento o la estimación del número de objetos que aparecen en una foto en la que los objetos están por capas y, por tanto, no son todos visibles (el total es inferior a 100)
- sumar tres números enteros enumerados en un texto breve (el total es algo más de 200)
- identificar el artículo que se envasó primero a partir de cuatro etiquetas de precios de supermercado, cada una de las cuales incluye la fecha de envasado.

Por lo tanto, las competencias que deben evaluarse en una evaluación de los componentes de competencia matemática tendrían que ser preferiblemente de un nivel inferior a esas tres preguntas.

En una reciente revisión de las opciones para desarrollar una evaluación de bajo nivel de competencia matemática para la población adulta de países con ingresos bajos y medios (UNESCO, 2016^[196]), los autores afirmaron:

Por lo tanto, es necesario distinguir entre las personas sin competencias formales (aquellas que tienen relativamente pocas competencias de cálculo mental más allá de contar cantidades simples y que no pueden entender el significado de los dígitos escritos) y con bajas competencias formales (aquellas que pueden realizar algunos cálculos mentales utilizando sistemas numéricos autóctonos o técnicas de medición, pero que conocen pocos símbolos y sistemas numéricos impresos o formales, aunque puedan completar problemas matemáticos escritos muy sencillos). (UNESCO, 2016, p. 284^[196])

Estas cuestiones están en el centro del desarrollo de una evaluación de componentes de competencia matemática.

Marcos nacionales e internacionales

En diferentes países existen normas y marcos de competencia matemática para la población adulta que han revelado niveles relativamente bajos de competencia matemática, y que podrían utilizarse como puntos de partida para definir las posibles preguntas y tareas de los componentes de competencia matemática. Uno de los retos es que muchos de estos marcos, como el del Ciclo 1 de competencia

matemática de PIAAC, no detallan ni describen un nivel inferior al existente en PIAAC por debajo del Nivel 1.

Lo que es común en los niveles más bajos de los marcos existentes de competencia matemática para la población adulta es que describen el contenido matemático a través de una serie de áreas de contenido, como ocurre con las cuatro áreas de contenido de PIAAC: *Cantidad y número*; *Dimensión y forma*; *Cambio y relaciones*; y *Datos y azar*.

Por ejemplo, en Irlanda se describen cinco áreas: *Cantidad y número*; *Manejo de datos*; *Patrón y relación*; *Resolución de problemas*; y *Forma y espacio* (Quality and Qualifications Ireland (QQI), 2016^[78]). En Nueva Zelanda se describen tres áreas: *Razonamiento matemático para resolver problemas*; *Razonar estadísticamente*; y *Medir e interpretar la forma y el espacio* (Tertiary Education Commission, 2008^[79]). En Países Bajos se ha descrito un nivel de conocimiento para la población adulta en torno a cuatro dominios: *Números*, *Proporciones*, *Medida y geometría*, y *Relaciones*, destacando el carácter concreto de los contenidos con pocos datos, un mínimo de texto, números redondeados y problemas tomados directamente de la vida cotidiana y del entorno laboral (Centre for Innovation of Education and Training (CINOP), 2013^[197]).

Como ejemplos de lo que se describe en los niveles inferiores que se aproximan por debajo del nivel 1 de PIAAC o inferior, el Cuadro 3.3 incluye algunos ejemplos de declaraciones de varios marcos/normas curriculares nacionales para la **población adulta**, organizados según las áreas de contenido de PIAAC — extractos de: Quality and Qualifications Ireland (QQI), (2016^[78]); McLean et al. (2012^[77]); Tertiary Education Commission, (2008^[79])—.

Cuadro 3.3. Ejemplos de enunciados de los marcos/normas curriculares nacionales para la población adulta, organizados en función de las áreas de contenido de PIAAC

Cantidad y número

- Reconocer la relación entre el valor numérico y los grupos de objetos, hasta el 10 inclusive.
- Reconocer el lenguaje de las matemáticas en situaciones cotidianas utilizando un lenguaje elemental, por ejemplo, mayor que, menor que, más grande que, más lejos que.
- Resolver problemas de suma y resta contando todos los objetos.
- Resolver problemas de suma y resta contando hacia adelante o hacia atrás, utilizando unidades y decenas.
- Resolver problemas de multiplicación mediante el recuento de saltos, a menudo junto con el recuento uno a uno y a menudo llevando la cuenta de los recuentos repetidos utilizando materiales (por ejemplo, los dedos) o imágenes mentales.
- Leer y escribir números de interés personal, por ejemplo, el número de la calle.
- Reconocer y escribir cifras de dinero en forma de símbolos (por ejemplo, 12,50 \$) hasta 100 \$.
- Reconocer y utilizar los números ordinales del primero al décimo.

Dimensión y forma

- Identificar las características principales de las formas, por ejemplo, el número de lados, las esquinas y las curvas.
- Utilizar el lenguaje de la medida en relación con la forma, por ejemplo, más largo, más corto, más ancho, más estrecho.
- Clasificar y describir objetos según sus atributos de forma.
- Describir, nombrar e interpretar las posiciones relativas en el espacio.
- Comparar y ordenar objetos directamente, utilizando los atributos de longitud, área, volumen y capacidad, peso, ángulo, temperatura e intervalos de tiempo para comprender los atributos.
- Leer la hora digital (sin incluir el concepto de am/pm).
- Identificar las fechas en un calendario.
- Reconocer secuencias horarias comunes; por ejemplo, el orden de los días de la semana.
- Identificar las diferencias y similitudes entre las formas bidimensionales (2D) más comunes.

Patrón, relaciones y cambio

- Hacer un patrón; por ejemplo, una secuencia de imágenes, símbolos o sonidos con dos variables (distinto color, misma forma, etc.).
- Datos y azar.
- Identificar el uso de los datos en la vida cotidiana; por ejemplo, el número de personas que quieren té/café.
- Clasificar/Ordenar los objetos según sus atributos, organizar los datos sobre los objetos y representarlos, utilizando imágenes u objetos concretos.
- Identificar todos los resultados posibles en situaciones que impliquen azar simple (de una sola etapa).
- Comparar información y datos dentro de textos sencillos familiares/cotidianos, listas, gráficos, diagramas y tablas.

En la revisión del marco de competencia matemática del Ciclo 1 de PIAAC (Tout et al., 2017^[1]), el equipo de revisión reconoció que existe un problema potencial con el uso directo de los marcos/estándares curriculares nacionales para **la población adulta**, porque algunos marcos y estándares nacionales de competencia matemática de la población adulta se han desarrollado formalmente para asimilarse a los

niveles jerárquicos establecidos en los planes de estudio centrados en los niños o, al menos, se basan en nociones de aprendizaje escolar. Esto puede ilustrarse de varias maneras, por ejemplo, mediante la inclusión en los marcos curriculares para la población adulta de afirmaciones simplistas y limitadas como «puede contar hasta 20»; mediante una terminología específica, de carácter escolar, como los «valores de posición de los dígitos en los números enteros hasta 100»; o cuando los porcentajes no se nombran ni se incluyen hasta niveles superiores de rendimiento. Tales afirmaciones no reconocen los datos empíricos procedentes de PIAAC u otros datos empíricos, ya que no se ajustan a los conocimientos de la población adulta ni representan las tareas cotidianas que estos pueden realizar con éxito, pero que, sin embargo, pueden tener un rendimiento inferior al nivel 1 de competencia matemática en PIAAC (Tout et al., 2017^[11]).

Otra perspectiva sobre los posibles contenidos de los componentes de competencia matemática es el creciente volumen de investigación sobre el sentido numérico.

Sentido numérico

El sentido numérico aparece cada vez más en la literatura como uno de los principales componentes de la competencia matemática. Poseer competencia matemática significa tener un cierto sentido de las cantidades y los números y de cómo utilizamos los estos (de forma oral y escrita) para representar, informar, predecir y estimar fenómenos de la vida real.

El término sentido numérico fue acuñado en la década de 1930 por Dantzig: «El hombre, incluso en los estadios inferiores de desarrollo, posee una facultad que, a falta de un nombre mejor, llamaré sentido numérico. Esta facultad le permite reconocer que algo ha cambiado en un pequeño grupo de objetos cuando un objeto ha sido retirado o añadido al grupo, sin su conocimiento directo.» (Dantzig, 1934, p. 1^[198]). En la década de 1990 el concepto se hizo más visible —p. ej., (Greeno, 1991^[199]; McIntosh, Reys y Reys, 1992^[18])—. McIntosh, Reys y Reys desarrollaron un marco para el sentido numérico que incluye tres componentes: *Números*, *operaciones* y *entornos computacionales* que están interconectados. Según ellos, el sentido numérico implica ser capaz de utilizar los números, las operaciones y sus aplicaciones en diferentes escenarios computacionales. Hablan de la comprensión significativa del sistema numérico hindú-árabe, del desarrollo del sentido del orden del número, de las múltiples representaciones de los números (incluida la idea de composición / descomposición), de la comprensión de las propiedades matemáticas y de la relación entre las operaciones. Para ellos, disponer de «sentido numérico» significa ser capaz de resolver problemas en el mundo real, dando respuestas adecuadas, utilizando (o creando) estrategias eficaces para calcular, contar, etc. No es solo reproducir instrumentalmente un determinado algoritmo, sino ser capaz de utilizar los conocimientos y componentes matemáticos de forma flexible. Al mismo tiempo, Dehaene (1997^[200]) publicó su exitoso libro *Number Sense - How the Mind Creates Mathematics* («Sentido numérico: cómo la mente crea las matemáticas»), que establecía una conexión entre el sentido numérico y la estructura de nuestro cerebro.

Yang, Reys y Reys (2009^[17]) definieron el sentido numérico como «la comprensión general que tiene una persona de los números y las operaciones y la capacidad de manejar situaciones de la vida cotidiana que incluyen números. Esta habilidad se utiliza para desarrollar estrategias flexibles y eficientes (incluyendo el cálculo mental y la estimación) para manejar problemas numéricos» (2009, p. 384^[17]). En cuanto a los componentes del sentido numérico, estos autores sostienen que «el sentido numérico es un proceso complejo que implica muchos componentes diferentes de los números, las operaciones y sus relaciones» (Yang, Reys y Reys, 2009, p. 384^[17]). Entre estos procesos, destacan dos aspectos:

1) el uso de puntos de referencia para reconocer la magnitud de los números, y 2) el conocimiento de los efectos relativos de una operación sobre varios números.

Faulkner y Cain (2009^[201]) afirman que «las características de un buen sentido numérico incluyen: a) fluidez para estimar y juzgar la magnitud, b) capacidad para reconocer resultados no razonables, c) flexibilidad a la hora de calcular mentalmente, d) capacidad para moverse entre diferentes

representaciones y utilizar las más adecuadas» (Faulkner y Cain, 2009, p. 25^[201]). Cain et al. (2007^[202]) describieron un conjunto de componentes del sentido numérico como se muestra en el Gráfico 3.5, donde los diferentes componentes del sentido numérico se relacionan en su totalidad con el lenguaje y se sustentan en él:

Figura 3.5. Componentes del sentido numérico



Como afirma Thompson (1995^[19]), el uso de los números es más que un razonamiento sobre el número y más que competencias de cálculo. Se trata de dar sentido a la situación a la que aplicamos números y cálculos» (Thompson, 1995, p. 220^[19]). También implica una forma crítica de tomar decisiones y resolver problemas en contextos *personales, laborales y sociales/comunitarios* (Peters, 2012^[15]).

Resumen y ¿hacia dónde ir?

Basándose en la investigación anterior sobre el contenido potencial de una nueva evaluación de los componentes de competencia matemática, el NEG también consideró la posibilidad de desarrollar una evaluación de los componentes del razonamiento espacial, ya que el razonamiento espacial también se consideraba una competencia fundamental para el grupo de personas adultas a la que iba dirigida. Sin embargo, debido principalmente a una serie de limitaciones en la evaluación de los componentes de competencia matemática que se discuten más adelante, especialmente en relación con el tiempo disponible para gestionar los componentes, junto con la mayor dificultad de reducir las demandas de alfabetización/lectura en las preguntas de evaluación del sentido espacial, el NEG decidió seguir adelante con el uso del sentido numérico como la base de contenido para la nueva evaluación de los componentes de competencia matemática.

En su definición más amplia, el «sentido numérico» se superpone en gran medida a las «grandes ideas» y a los ámbitos de los marcos (inter)nacionales antes mencionados. En una interpretación menor y fundamental, el sentido numérico se relaciona con el sentido de las cantidades y el sentido de cómo los números representan cantidades. Esta última interpretación resultó ser la base más adecuada para el desarrollo posterior de las preguntas que deben poner en práctica los componentes de la competencia matemática.

Destrezas en componentes de matemáticas - el ámbito

Otra cuestión significativa a abordar en el desarrollo de una evaluación de los componentes de la competencia matemática es la integración de las matemáticas en entornos y situaciones del mundo real y, la función que este desempeña. Esto se suele denominar tareas basadas en contexto en contraposición con las no basadas en contexto, es decir, contextualizadas frente a descontextualizadas. Los individuos adquieren conocimiento matemático a través del aprendizaje formal e informal, y este último es tan valioso como el formal, adquirido en centros educativos. El campo de las etnomatemáticas documenta profusamente esta cuestión de las «matemáticas de la calle frente las matemáticas de centros educativos» y, dado que esta evaluación de los componentes suele dirigirse a los adultos con escasa escolarización formal, pero que representan a la población adulta de la sociedad, es necesario considerar esta cuestión y abordarla. Por ejemplo, D'Ambrosio (1985^[203]) teorizó el concepto de etnomatemáticas. En la investigación de Carraher, Carraher y Schliemann (1985^[101]) con chicos/as de la calle en Brasil descubrieron que podían operar de forma bastante sofisticada al utilizar las matemáticas para sobrevivir en un sentido comercial, aunque anteriormente se les había considerado incapaces de aprender matemáticas en los centros educativos. Esta cuestión se trató con más detalle en la segunda sección, en el tema *Matemáticas en centros educativos frente a las de la vida cotidiana o del puesto de trabajo*.

Matthijsse (2000^[204]) abordó específicamente la cuestión de cómo lidian los adultos con el conocimiento matemático en situaciones prácticas cotidianas y la brecha entre las matemáticas en centros educativos, con sus algoritmos formales, y las que la población adulta utiliza en su vida cotidiana. Se fijó en los métodos informales que la población adulta utilizaba en su vida cotidiana y descubrió que a menudo estaban anclados y fundamentados en conocimientos familiares, entornos y situaciones de la vida real. Aunque su foco de atención fueron los métodos instructivos para utilizar con el alumnado, su investigación, al igual que la centrada en la etnomatemática, indica que esta propuesta de evaluación de los componentes matemáticos de PIAAC no puede limitarse a ofrecer únicamente tareas no basadas en contexto y que las matemáticas sean como las preguntas formales de los centros educativos. Sin embargo, existe un riesgo y desafío significativo en relación con la especificidad cultural y la posible especificidad nacional de determinadas reglas generales o métodos informales, y en el modo en que se podrían superar estas diferencias a partir de una evaluación internacional. Teniendo esto en cuenta, una evaluación de componentes de bajo nivel podría tener como objetivo averiguar las formas informales/de sentido común de los adultos para hacer matemáticas. ¿Qué modelos y procesos mentales sigue la población adulta para resolver un problema numérico? Además, ¿se pueden recoger datos e información sobre las relaciones, o su ausencia, entre las formas de enseñar matemáticas en los centros educativos (y el uso de algoritmos) y la manera en que la población adulta resuelve estos problemas en la vida cotidiana?

Cada persona tendrá un entorno y unas aplicaciones muy diferentes en las que podrá poner en práctica, con comodidad y más confianza, sus conocimientos matemáticos. Ubicar el problema o encontrar el entorno adecuado para que un individuo pueda demostrar su comprensión de los conceptos matemáticos se convierte en un reto. En este nivel tan básico de conocimiento matemático, la familiarización con el entorno y la situación podría resultar crítica. Una posible solución podría consistir en utilizar una forma de prueba adaptativa que permita a los encuestados poder seleccionar entre una serie de entornos y situaciones en los que se incluya el mismo contenido y nivel matemático.

En relación con los tres contextos de la competencia matemática identificados por el PIAAC (*personal, laboral, social/comunitario*), tendría sentido que la evaluación de los componentes matemáticos se centrara en los entornos y contextos más comunes, genéricos y familiares, que podrían ser el *personal*, el *laboral* y el *social/comunitario*. Las tres preguntas numéricas existentes que se sitúan por debajo del nivel 1 se encuentran en estos contextos. Una vez más, la forma de utilizar las situaciones relacionadas con el mundo laboral supone un reto, dado que la investigación muestra que los adultos con escasas competencias formales suelen ser capaces de actuar «perfectamente» en determinados trabajos en los que han

aprendido las reglas del juego u otros métodos que les permiten desenvolverse.

Uno de los problemas que plantean las preguntas basadas en contexto es que, cuando las matemáticas se integran en textos y estímulos, cierta parte del alumnado al que se dirige tendrá dificultades para leer, interpretar y, por lo tanto, motivarse y comprender las matemáticas que se deben utilizar debido a su bajo potencial de competencia lectora.

Estas consideraciones refuerzan la idea de mantener las preguntas para la evaluación de los componentes matemáticos en línea con la definición fundamental del sentido numérico, centrándose en la conexión con las cantidades de la vida real y la forma en que se utilizan los números para representar cantidades. Esto parece posible sin tener que utilizar necesariamente descripciones verbales largas o complejas para presentar contextos de preguntas o para formularlas.

Los componentes de la competencia matemática propuestos para el Ciclo 2 de PIAAC

Dadas las restricciones de nivel, las exigencias de lectura, el tiempo y la representación disponible de las tareas, el NEG decidió implementar una pequeña serie de preguntas de sentido numérico, como principales ingredientes de los correspondientes componentes de la competencia matemática. En estas preguntas se pedirá a los participantes que calculen cantidades a partir de imágenes de la vida real y también de la magnitud relativa de varias representaciones numéricas de cantidades.

La intención era que el encuestado pudiera detectar rápidamente el estímulo sin necesidad de leer mucho texto, pulsar una respuesta y dirigirse inmediatamente a la siguiente pregunta, que se basaría en los mismos contenidos, sin necesidad de leer nada más.

El contenido se limita a una perspectiva fundamental sobre el sentido numérico y, más concretamente, a:

- Una serie de 12 preguntas en las que el encuestado debe seleccionar la cantidad (<20) de un número de objetos mostrados. Las representaciones se limitan a imágenes de objetos de la vida real.
- Una segunda serie de 15 preguntas sobre la magnitud relativa de cantidades o fenómenos, algunas de las cuales proceden de la vida real, pero la mayoría están descontextualizadas.

A partir de las decisiones anteriores, el NEG:

- Consultó al socio traductor de PIAAC, cApStAn, para que ayudara a identificar la mejor formulación de preguntas que se podría utilizar, de manera que se usara un solo contenido sencillo y que redujera la necesidad de leer cada pregunta por separado.
- Elaboró un borrador de la evaluación de componentes y realizó dos pruebas breves.
- Revisó el borrador antes de enviarlo a otros países para que formularan observaciones y comentarios.
- Revisó y repasó de nuevo el borrador en la reunión del NEG celebrada en octubre de 2018.

Cuestiones lingüísticas

En los debates con cApStAn, pronto se vio que lo que parecían soluciones y formulaciones sencillas en inglés a menudo se complicaban cuando se traducían a otros idiomas. Esto dependía a menudo de los objetos o imágenes que se iban a presentar a los encuestados.

Tras un periodo de debates con cApStAn sobre qué formulación, contenido e imágenes funcionarían mejor sin crear la necesidad de cambiar completamente el contenido, se decidió que la mejor solución era la cuádruple:

- Disponer de una introducción al principio que pondría en primer plano las preguntas de evaluación a seguir.

- Incluir algunas preguntas sencillas de práctica que servirían de modelo para lo que se requería.
- Contar con dos series de preguntas - la primera con el contenido **¿Cuántos ...?** para identificar una cantidad.
- La segunda serie con el contenido **¿La mayor?** para identificar la magnitud relativa de diferentes cantidades/valores.

Esto significó que no se pudieron utilizar algunas de las ideas del NEG sobre las preguntas y sus imágenes o estímulos, como las temperaturas, los gráficos, las personas, etc. Algunas preguntas e imágenes eran sensibles al género y esto restringió algunas de las opciones.

Observaciones a partir de pruebas piloto

Se llevaron a cabo dos pruebas de los primeros borradores de la evaluación de los componentes numéricos, en los que participó la población adulta que asistía a las clases de comprensión lectora y competencia matemática, y que se sabía que representaban a una población de bajo rendimiento. Una de las pruebas se realizó en Bélgica con 10 personas adultas, y la otra en España con 29. Los principales resultados de las pruebas fueron los siguientes:

- La población adulta encuestada valoró positivamente la experiencia, ya que normalmente estaban acostumbrados a fallar las preguntas sobre matemáticas/competencia matemática.
- Les gustaron las imágenes de la vida real para cuantificar/contar.
- Todos pudieron responder correctamente a todas las preguntas de **¿Cuántos?**, pero algunos tardaron mucho.
- Parte de los adultos tardó hasta 30 minutos en responder las series de preguntas.
- Había limitaciones evidentes de conocimientos con la serie de preguntas **¿El mayor?** La dificultad comenzó con la comprensión y comparación de números decimales y fracciones.

Los resultados de las pruebas indicaron que la evaluación, en su mayor parte, fue un éxito. Esto dio lugar a una serie de cuestiones que permitieron al NEG tomar nuevas decisiones y perfeccionar el proyecto de informe de evaluación. Se incluían las siguientes:

- En su mayor parte, el contenido era adecuado para el grupo destinatario, la formulación y presentación parecían accesibles; algunas preguntas podían perfeccionarse a partir de las observaciones realizadas mientras los adultos efectuaban la evaluación.
- Las preguntas que evaluaban la habilidad de reconocer y responder a algunas sumas básicas descontextualizadas, en las que la población adulta debía reconocer el significado de algunas operaciones aritméticas estándar eran confusas e inapropiadas para estos estudiantes. Esta cuestión reafirmaba las convicciones del NEG sobre la relevancia y el significado de este tipo de preguntas tipo test para este público. Por lo tanto, se han retirado para la prueba de campo.
- Dada la duración y el rango de tiempos que se han observado, será de vital importancia medir el tiempo y la estimación de fluidez.
- Se ha reducido el número de preguntas a incluir en la prueba piloto por el tiempo que se requiere y porque se consideró que el número extra de preguntas no recogía datos o información adicionales.

El NEG ha perfeccionado las series de preguntas y ha desarrollado dos formularios diferentes para la prueba piloto, con preguntas de enlace. El NEG también seleccionará las preguntas que han dado lugar a un mejor rendimiento en la prueba piloto para el estudio principal.

Las cuestiones y preguntas que se plantean - ¿Cuántos...?

Para la piloto habrá 12 preguntas de este tipo, con un tiempo máximo de 2 minutos. A continuación, se

muestra un modelo de ejemplo del tipo de preguntas que se plantean en esta serie. El encuestado debe pulsar sobre el número correspondiente.

PIAAC ¿Cuántas? ? ◀ ▶

¿Cuántas?



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

Las cuestiones y preguntas que se plantean - ¿El mayor?

Para la prueba piloto habrá 15 preguntas de este tipo, con un tiempo máximo de 3 minutos. A continuación, se muestra un modelo del tipo de preguntas que se plantean en esta serie. El encuestado debe pulsar en la pregunta/número más grande de la serie mostrada.

PIAAC ¿El mayor? ? ◀ ▶

¿El mayor?

8

539

742

85

Tiempo

El tiempo de la prueba piloto se limitará a un máximo de 5 minutos: 2 minutos para la serie de preguntas *¿Cuántos?* y 3 minutos para la de *¿El mayor?* Sin embargo, esta restricción de tiempo no se revelará a los participantes para evitar el estrés injustificado y la posible ansiedad por miedo al fracaso. A los encuestados solo se les pedirá que hagan lo posible para trabajar con precisión y rapidez. El plazo de entrega se limitará al número de minutos y, una vez transcurrido este tiempo, la serie se dará por terminada y no aparecerán nuevas preguntas. El encuestado no se dará cuenta de que había preguntas sin responder en la serie, si es el caso. El parámetro de tiempo se registrará para cada participante y se analizará en relación con un indicador de fluidez. Sin embargo, la decisión de cómo incorporar la cuestión del tiempo y la estimación de fluidez a los informes solo se deliberará después de analizar los datos de la prueba piloto.

Automaticidad/fluidez

Dado que en la entrega de la evaluación de los componentes de comprensión lectora se cronometró cada parte para poder obtener una estimación de la fluidez y la automaticidad, esto también debería estar

disponible para la evaluación de los componentes de competencia matemática. La recopilación de información de los tiempos y la capacidad de crear indicadores de fluidez en el sentido numérico harán posible la búsqueda de cualquier correlación de interés, como por ejemplo con el rendimiento del encuestado en la competencia matemática en general y/o con dimensiones concretas de su evaluación numérica.

Referencias

- Askew, M. (2008), "Mathematical discipline knowledge requirements for prospective primary teachers, and the structure and teaching approaches of programs designed to develop that knowledge", en Sullivan, P. y T. Woods (eds.), *Knowledge and Beliefs in Mathematics Teaching and Teaching Development*, Sense Publishers. [151]
- Askew, M. et al. (1997), *Effective teachers of numeracy in primary schools: Teachers' beliefs, practices and pupils' learning*, Paper presented at the British Educational Research Association Annual Conference, September 1997, University of York. [148]
- Atkinson, R. (2005), "Multimedia Learning of Mathematics", en *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, Cambridge University Press, <http://dx.doi.org/10.1017/cbo9780511816819.026>. [171]
- Australian Association of Mathematics Teachers (AAMT) and Australian Industry Group (AiGroup) (2014), *Tackling the School–Industry Mathematics Divide*, Commonwealth of Australia. [88]
- Baker, D. y B. Street (1994), "Literacy and numeracy: Concepts and definitions", en Husen, T. y E. Postlethwaite (eds.), *Encyclopedia of Education*, Pergamon Press, Nueva York. [45]
- Bennett, R. (2015), "The changing nature of educational assessment", *Review of Research in Education*, Vol. 39/1, pp. 370-407, <http://dx.doi.org/10.3102/0091732x14554179>. [163]
- Bennett, R. (2010), "Technology for large-scale assessment", en Peterson, P., E. Baker and B. McGaw (eds.), *International Encyclopedia of Education*, 3rd edition, Elsevier, Oxford. [168]
- Bennett, R. (1998), *Reinventing assessment: Speculations on the future of large-scale educational testing*, Policy Information Center, Educational Testing Service, Princeton, NJ, https://www.ets.org/research/policy_research_reports/publications/report/1998/cgln. [167]
- Benn, R. (1997), *Adults Count Too: Mathematics for Empowerment*, National Institute of Adult Continuing Education (NIACE), Leicester. [20]
- Bessot, A. y L. Ridgway (eds.) (2000), *Education for Mathematics in the Workplace*, Springer, Nueva York. [89]
- Binkley, M. et al. (2011), "Defining twenty-first century skills", en Griffin, P., B. McGaw and E. Care (eds.), *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*, Springer, Dordrecht, http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5_2. [62]
- Bishop, A. (1988), *Mathematical Enculturation: A Cultural Perspective in Mathematics Education*, D. Reidel Publishing Co., Dordrecht. [83]

- Boaler, J. y C. Humphreys (2005), *Connecting Mathematical Ideas: Middle School VideoCases to Support Teaching and Learning*, Heinemann, Portsmouth, NH. [149]
- Bower, M. et al. (2014), "Augmented reality in education – cases, places and potentials", *Educational Media International*, Vol. 51/1, pp. 1-15, <http://dx.doi.org/10.1080/09523987.2014.889400>. [169]
- Brooks, G., K. Heath and A. Pollard (2005), *Assessing adult literacy and numeracy: A review of assessment instruments*, National Research and Development Centre for Adult Literacy and Numeracy, Londres. [189]
- Bruner, J. (1960), *The Process of Education*, Harvard University Press, Cambridge, MA [144]
- Buckingham, E. (1997), *Specific and Generic Numeracies of the Workplace*, Deakin University, Melbourne. [90]
- Buckley, S. (2013), *Deconstructing maths anxiety: Helping students to develop a positive attitude towards learning maths (ACER Occasional Essays)*, Australian Council for Educational Research (ACER), Melbourne, Victoria, https://research.acer.edu.au/learning_processes/16. [126]
- Bynner, J. y S. Parsons (2005), *Does numeracy matter more?* National Research and Development Centre for Adult Literacy and Numeracy (NRDC), Londres, <http://www.nrdc.org.uk/wp-content/uploads/2005/01/Does-numeracy-matter-more.pdf>. [21]
- Cain, C. et al. (2007), *The Components of Number Sense*, NC Math Foundations Training, Exceptional Children's Division of the North Carolina Department of Public Instruction (NCDPI), Raleigh, NC. [202]
- Carnevale, A., L. Gainer and A. Meltzer (1990), *Workplace Basics: The Essential Skills Employers Want*, Jossey Bass, San Francisco. [84]
- Carpentieri, J., J. Litster and L. Frumkin (2009), *Adult numeracy: A review of research*, National Research and Development Centre for Adult Literacy and Numeracy (NRDC), Londres, England, https://www.nationalnumeracy.org.uk/sites/default/files/documents/Adult_numeracy_a_review_of_research/carpentieri_et_al_2009_bbc_adult_numeracy_a_review_of_research.pdf. [57]
- Carraher, T., D. Carraher and A. Schliemann (1985), "Mathematics in the streets and in schools", *British Journal of Developmental Psychology*, Vol. 3/1, pp. 21-29, <http://dx.doi.org/10.1111/j.2044-835x.1985.tb00951.x>. [101]
- Centre for Innovation of Education and Training (CINOP) (2013), *Standaarden en Eindtermen VE [Standards and Attainment Goals Adult Education]*, Den Bosch, <https://taalenrekenenmbo.nl/app/uploads/nieuw-2.-Standaarden-en-eindtermen-ve.pdf>. [197]
- Charles, R. (2005), "Big ideas and understandings as the foundation for elementary and middle school mathematics", *Journal of Mathematics Education*, Vol. 7/3, pp. 9-24. [6]
- Chisman, F. (2011), *Facing the Challenge of Numeracy in Adult Education*, Council for Advancement of Adult Literacy, Nueva York, <http://www.caalusa.org/NumeracyChallenge.pdf>. [59]
- Clark, E. (2011), "Concepts as organizing frameworks", *Encounter*, Vol. 24/3, pp. 32-44, <http://www.ojs.great-ideas.org/Encounter/Clark243.pdf>. [145]
- Clarke, B. y D. Clarke (2004), "Using questioning to elicit and develop children's mathematical thinking", en Bright, G. y R. Rubenstein (eds.), *Professional Development Guidebook for Perspectives on the Teaching of Mathematics*, National Council of Teachers of Mathematics, Reston, VA. [150]
- Coben, D. et al. (2003), *Adult Numeracy: Review of Research and Related Literature*, National Research and Development Centre for Adult Literacy and Numeracy (NRDC), Londres. [22]

- Coben, D. et al. (2010), *Benchmark Assessment of Numeracy for Nursing: Medication Dosage Calculation at Point of Registration*, NHS Education for Scotland, Edinburgh. [91]
- Coben, D., J. O'Donoghue and G. FitzSimons (eds.) (2000), *Perspectives on Adults Learning Mathematics*, Kluwer Academic Publishers, Londres. [23]
- Cockcroft, W. (1982), *Mathematics Counts*, Her Majesty's Stationery Office (HMSO), Londres, <http://www.educationengland.org.uk/documents/cockcroft/cockcroft1982.html>. [44]
- Condelli, L. et al. (2006), *A Review of the Literature in Adult Numeracy: Research and Conceptual Issues*, American Institutes for Research, Washington D.C. [24]
- Coulombe, S., J. Trambly and S. Marchand (2004), *Literacy scores, human capital and growth across fourteen OECD countries*, Statistics Canada, Ottawa, <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/89-552-m/89-552-m2004011-eng.pdf>. [25]
- Crowther (1959), *15 to 18: A report of the Central Advisory Council of Education (England), Volume 1*, Her Majesty's Stationery Office (HSMO), Londres, <http://www.educationengland.org.uk/documents/crowther/crowther1959-1.html>. [43]
- D'Ambrosio, U. (1985), "Ethnomathematics and its place in the history and pedagogy of mathematics", *For the Learning of Mathematics*, Vol. 5/1, pp. 44-48. [203]
- Dantzig, T. (1934), *Number - The Language of Science*, Macmillan Company, Nueva York. [198]
- Dehaene, S. (1997), *Number Sense – How the Mind Creates Mathematics*, Penguin Books, Londres. [200]
- Department for Education (DfE) (2014), *Statutory framework for the early years foundation stage: Setting the standards for learning, development and care for children from birth to five*, Department for Education, Londres. [185]
- Diezmann, C. y T. Lowrie (2008), "The role of information graphics in mathematical proficiency", en Goos, M., R. Brown and K. Makar (eds.), *Navigating Currents and Charting Directions. Proceedings of the 31st annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia*, Mathematics Education Research Group of Australasia Inc., Brisbane, https://merga.net.au/Public/Publications/Annual_Conference_Proceedings/2008_MERGA_CP.aspx. [162]
- Dossey, J. (1997), "Defining and measuring quantitative literacy", en Steen, L. (ed.), *Why Numbers Count: Quantitative Literacy for Tomorrow's America*, College Entrance Examination Board, Nueva York. [160]
- Ernest, P. (2004), "Relevance versus utility: Some ideas on what it means to know mathematics", en Clarke, B. et al. (eds.), *International Perspectives on Learning and Teaching Mathematics*, National Centre for Mathematics Education, Göteborg University. [119]
- Expert Group on Future Skills Needs (Ireland) (2007), *Tomorrow's Skills: Towards a National Skills Strategy: 5th Report*, Expert Group on Future Skills Needs, Dublin. [63]
- Faulkner, V. y C. Cain (2009), "The components of number sense: An instructional model for teachers", *Teaching Exceptional Children*, Vol. 41/5, pp. 24-30, <http://dx.doi.org/10.1177/004005990904100503>. [201]
- FitzSimons, G. (2005), "Numeracy and Australian workplaces: Findings and implications", *Australian Senior Mathematics Journal*, Vol. 19/2, pp. 27-42. [92]
- FitzSimons, G. y D. Coben (2009), "Adult numeracy for work and life: Curriculum and teaching implications of recent research", en *International Handbook of Education for the Changing World of Work*, Springer, Dordrecht, http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-5281-1_179. [112]

- Forman, S. y L. Steen (1999), *Beyond Eighth Grade: Functional Mathematics for Life and Work*, [26]
National Center for Research in Vocational Education, University of California, Berkeley.
- Foundation for Young Australians (2017), *The New Basics: Big data reveals the skills young people need for the New Work Order*, [64]
https://www.fya.org.au/wp-content/uploads/2016/04/The-New-Basics_Update_Web.pdf.
- Frankenstein, M. (1989), *Relearning mathematics: A different third 'R' – Radical maths*, [74]
Free Association Books, Londres.
- Gal, I. (2006), *Assessment of adult numeracy in PIAAC: A conceptual and development framework (Unpublished manuscript prepared for OECD)*, [153]
University of Haifa, Haifa.
- Gal, I. (2002), "Adults' Statistical Literacy: Meanings, Components, Responsibilities", [75]
International Statistical Review / Revue Internationale de Statistique, Vol. 70/1, p. 1,
<http://dx.doi.org/10.2307/1403713>.
- Gal, I. (2000), *Adult numeracy development: Theory, research, practice*, [27]
Hampton Press, Cresskill, N.J.
- Gal, I. y D. Tout (2014), "Comparison of PIAAC and PISA Frameworks for Numeracy and [3]
Mathematical Literacy", *OECD Education Working Papers*, No. 102, OECD Publishing, París,
<https://dx.doi.org/10.1787/5jz3wl63cs6f-en>.
- Gal, I. et al. (2005), "Adult numeracy and its assessment in the ALL survey: A conceptual framework [28]
and pilot results", en Murray, S., Y. Clermont and M. Binkley (eds.), *Measuring Adult Literacy and Life Skills: New Frameworks for Assessment*, Ottawa: Statistics Canada.
- Geiger, V., M. Goos and S. Dole (2014), "Students' perspectives on their numeracy development [125]
across the learning areas", en Li, Y. y G. Lappan (eds.), *Mathematics Curriculum in School Education*, Springer, Nueva York.
- Geiger, V., M. Goos and H. Forgasz (2015), "A rich interpretation of numeracy for the 21st century: A [54]
survey of the state of the field", *ZDM: The International Journal on Mathematics Education*, Vol. 47/4,
pp. 531-548, <http://dx.doi.org/10.1007/s11858-015-0708-1>.
- Geisinger, K. (2016), "21st century skills: What are they and how do we assess them?", [164]
Applied Measurement in Education, Vol. 29/4, pp. 245-249,
<http://dx.doi.org/10.1080/08957347.2016.1209207>.
- Gillespie, J. (2004), *The "Skills for Life" national survey of adult numeracy in England. What does it tell [187]
us? What further questions does it prompt?*, paper presented at ICME-10, the 10th International Congress on Mathematics Education, Copenhagen, Denmark.
- Ginsburg, L., M. Manly and M. Schmitt (2006), *The Components of Numeracy (NCSALL Occasional [29]
Paper)*, Harvard Graduate School of Education, National Center for the Study of Adult Learning and Literacy, Cambridge, MA.
- Goos, M., V. Geiger and S. Dole (2014), "Transforming professional practice in numeracy teaching", [124]
en Li, Y., E. Silver and S. Li (eds.), *Transforming Mathematics Instruction: Multiple Approaches and Practices*, Springer, Cham, http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-04993-9_6.
- Greeno, J. (2003), "Situative research relevant to standards for school mathematics", [108]
en Kilpatrick, J., W. Martin and D. Schifter (eds.), *A Research Companion to Principles and Standards for School Mathematics*, National Council of Teachers of Mathematics, Reston, VA.

- Greeno, J. (1991), "Number sense as situated knowing in a conceptual domain", *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 22/3, pp. 170-218, <http://dx.doi.org/10.2307/749074>. [199]
- Griffin, P., B. McGaw and E. Care (eds.) (2012), *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*, Springer, Nueva York. [65]
- Griffiths, G. y R. Stone (2013), *Teaching Adult Numeracy: Principles and Practice*, Open University Press, Maidenhead. [60]
- Grotlüschen, A. et al. (2016), "Adults with Low Proficiency in Literacy or Numeracy", *OECD Education Working Papers*, No. 131, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/5jm0v44bnmxx-en>. [195]
- Hagedorn, L. et al. (2003), *Frameworks for adult numeracy education: A survey and discussion*, National Literacy Secretariat, Ontario. [152]
- Harris, M. (1991), *Schools, Mathematics and Work*, Falmer Press, Londres. [132]
- Hoogland, K. et al. (2018), "Changing representation in contextual mathematical problems from descriptive to depictive: The effect on students' performance", *Studies in Educational Evaluation*, Vol. 58, pp. 122-131, <http://dx.doi.org/10.1016/j.stueduc.2018.06.004>. [134]
- Hoogland, K. et al. (2016), "Representing contextual mathematical problems in descriptive or depictive form: Design of an instrument and validation of its uses", *Studies in Educational Evaluation*, Vol. 50, pp. 22-32, <http://dx.doi.org/10.1016/j.stueduc.2016.06.005>. [142]
- Hoogland, K. y D. Tout (2018), "Computer-based assessment of mathematics into the twenty-first century: pressures and tensions", *ZDM*, Vol. 50/4, pp. 675-686, <http://dx.doi.org/10.1007/s11858-018-0944-2>. [186]
- Hoyles, C. et al. (2010), *Improving Mathematics at Work: The Need for Techno-Mathematical Literacies*, Routledge, Londres and New York. [93]
- Hoyles, C., R. Noss and S. Pozzi (2001), "Proportional reasoning in nursing practice", *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 32/1, p. 4, <http://dx.doi.org/10.2307/749619>. [55]
- Hoyles, C. et al. (2002), *Mathematical Skills in the Workplace: Final Report to the Science Technology and Mathematics Council*, Institute of Education, University of London, Science, Technology and Mathematics Council, Londres, <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1515581/1/Hoyles2002MathematicalSkills.pdf>. [30]
- Hurst, C. (2014), "Big challenges and big opportunities: The power of 'Big Ideas' to change curriculum and the culture of teacher planning", en Anderson, J., M. Cavanagh y A. Prescott (eds.), *Curriculum in Focus: Research Guided Practice. Proceedings of the 37th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia (MERGA)*, MERGA, Sídney, https://www.merga.net.au/Public/Public/Publications/Annual_Conference_Proceedings/2014_MERGA_CP.aspx. [7]
- Hurst, C. y D. Hurrell (2014), "Developing the big ideas of number", *International Journal of Educational Studies in Mathematics*, Vol. 1/2, pp. 1-18. [8]
- Johnston, B. (1994), "Critical numeracy?", *Fine Print*, Vol. 16/4, pp. 7-12. [31]
- Johnston, B. y T. Maguire (2005), "Adult numeracy: Policy and practice in global contexts of lifelong learning", Adult Literacy and Numeracy Australian Research Consortium (ALNARC), School of Education, Victoria University, Melbourne. [40]
- Jonas, N. (2018), "Numeracy practices and numeracy skills among adults", *OECD Education Working Papers*, No. 177, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/8f19fc9f-en>. [32]

- Jones, G., C. Langrall and C. Thornton (2002), "Elementary students' access to powerful mathematical ideas", en English, L. (ed.), *Handbook of International Research in Mathematics Education*, Lawrence Erlbaum Associate, Mahwah, New Jersey. [5]
- Jones, S. (2006), *Designing Numeracy in PIAAC (Documento de referencia preparado para el taller técnico de expertos de la OCDE-Canadá sobre competencia matemática, Ottawa, 10 de noviembre de 2006)*, Ottawa. [154]
- Jones, S. (1995), "The distribution of literacy", en *Literacy, Economy and Society: Results of the First International Adult Literacy Survey*, OECD and Statistics Canada, OECD Publishing, París. [33]
- Jorgensen Zevenbergen, R. (2010), "Young workers and their dispositions towards mathematics: Tensions of a mathematical habitus in the retail industry", *Educational Studies in Mathematics*, Vol. 76/1, pp. 87-100, <http://dx.doi.org/10.1007/s10649-010-9267-0>. [100]
- Karaali, G., E. Villafane-Hernandez and J. Taylor (2016), "What's in a name? A critical review of definitions of quantitative literacy, numeracy, and quantitative reasoning", *Numeracy*, Vol. 9/1, pp. 1-34, <http://dx.doi.org/10.5038/1936-4660.9.1.2>. [42]
- Kent, P. et al. (2011), "Measurement in the workplace: The case of process improvement in manufacturing industry", *ZDM*, Vol. 43/5, pp. 747-758, <http://dx.doi.org/10.1007/s11858-011-0359-9>. [94]
- Kent, P. et al. (2007), "Characterizing the use of mathematical knowledge in boundary-crossing situations at work", *Mind, Culture, and Activity*, Vol. 14/1-2, pp. 64-82, <http://dx.doi.org/10.1080/10749030701307747>. [113]
- Kilpatrick, J., J. Swafford and B. Findell (eds.) (2001), "Mathematics Learning Study Committee, National Research Council: Conclusions and recommendations", en *Adding It Up: Helping Children Learn Mathematics*, National Academies, Washington, DC. [157]
- Kindler, J. et al. (1996), *Certificates in General Education for Adults*, Adult, Community and Further Education Board, Melbourne, Victoria. [81]
- Kirsch, I., A. Jungblut and P. Mosenthal (1998), "The measurement of adult literacy", en Murray, S., I. Kirsch and L. Jenkins (eds.), *Adult Literacy in OECD Countries: Technical Report on the First International Adult Literacy Survey*, National Center for Education Statistics, U.S. Department of Education, Washington, DC. [191]
- Kirsch, I. y P. Mosenthal (1990), "Exploring document literacy: Variables underlying the performance of young adults", *Reading Research Quarterly*, Vol. 25/1, p. 5, <http://dx.doi.org/10.2307/747985>. [190]
- Kuntze, S. et al. (2009), *Awareness of Big Ideas in Mathematics Classrooms (ABCmaths). Final report to the European Union about the EU-funded project "ABCmaths"*, Unión Europea, https://www.researchgate.net/publication/301298435_Awareness_of_Big_Ideas_in_Mathematics_Classrooms_ABCmaths_Progress_report_Fortschrittsbericht_an_die_Europaische_Unio_n_zum_EU-geforderten_Projekt_ABCmaths. [9]
- Kuntze, S. et al. (2011), "Professional knowledge related to Big Ideas in Mathematics—an empirical study with pre-service teachers", en Pytlak, M., T. Rowland and E. Swoboda (eds.), *A Study of Teaching Practices to Issues in Teacher Education. Proceedings of the 7th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (pp. 2717-2726)*, ERME, Rzeszów, http://www.cerme7.univ.rzeszow.pl/WG/17a/CERME7_WG17A_Kuntze_et_al..pdf. [10]
- Lave, J. (1988), *Cognition in Practice: Mind, Mathematics and Culture in Everyday Life*, Cambridge University Press, Nueva York, <http://dx.doi.org/10.1017/cbo9780511609268>. [53]

- Lindenskov, L. y T. Wedege (2001), *Numeracy as an Analytical Tool in Mathematics Education and Research*, Centre for Research in Learning Mathematics, Roskilde. [46]
- Lowrie, T. y C. Diezmann (2009), "National numeracy tests: A graphic tells a thousand words", *Australian Journal of Education*, Vol. 53/2, pp. 141–158, <https://research.acer.edu.au/aje/vol53/iss2/3>. [158]
- Maguire, T. y J. O'Donoghue (2002), "A grounded approach to practitioner training in Ireland: Some findings from a national survey of practitioners in adult basic education", en Johansen, L. y T. Wedege (eds.), *Numeracy for Empowerment and Democracy? Proceedings of the 8th International Conference of Adult Learning Mathematics*, Roskilde University, Centre for Research in Learning Mathematics, Roskilde. [184]
- Maguire, T. y J. O'Donoghue (2003), "Numeracy concept sophistication - an organizing framework, a useful thinking tool", en Maass, J. y W. Schlöglmann (eds.), *Learning Mathematics to Live and Work in our World. Proceedings of the 10th international conference on Adults Learning Mathematics (ALM-10)*, Strobl, Austria, ALM y Johannes Kepler Universität, Linz. [47]
- Maguire, T. y A. Smith (2016), *Maths Eyes- A Concept with Potential*, Ponencia invitada presentada en el TSG 6, ICME 13 (13.º Congreso internacional sobre educación matemática, Hamburgo, 24-31 de julio de 2016). [129]
- Ma, L. (1999), *Knowing and teaching elementary mathematics: Teachers' understanding of fundamental mathematics in China and the United States*, Lawrence Erlbaum, Mahwah, N.J. [146]
- Marr, B. y J. Hagston (2007), *Thinking Beyond Numbers: Learning Numeracy for the Future Workplace*, NCVER, Adelaida, <https://www.ncver.edu.au/data/assets/file/0017/5426/nl05002.pdf>. [95]
- Matthijsse, W. (2000), "Adult numeracy at the elementary level: Addition and subtraction up to 100", en Gal, I. (ed.), *Adult Numeracy Development: Theory, Research, Practice. Series on Literacy: Research, Policy, and Practice*, Hampton Press, Cresskill, NJ. [204]
- Ma, X. (1999), "A meta-analysis of the relationship between anxiety toward mathematics and achievement in mathematics", *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 30/5, pp. 520-540, <http://dx.doi.org/10.2307/749772>. [127]
- Mayer, R. (2009), *Multimedia Learning (2nd edition)*, Cambridge University Press, Nueva York. [178]
- Mayer, R. (ed.) (2005), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, Cambridge University Press, <http://dx.doi.org/10.1017/cbo9780511816819>. [177]
- McIntosh, A., B. Reys and R. Reys (1992), "A proposed framework for examining basic number sense", *For the Learning of Mathematics*, Vol. 12/3, pp. 2-8. [18]
- McLean, P. et al. (2012), *Australian Core Skills Framework: 5 Core Skills, 5 Levels of Performance, 3 Domains of Communication*, Gobierno de Australia, Canberra. [77]
- McLeod, D. (1992), "Research on affect in mathematics education: A reconceptualization", en Grows, D. (ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, Macmillan Publishing Company, Nueva York. [159]
- Moore, D. y G. Cobb (2000), "Statistics and mathematics: Tension and cooperation", *The American Mathematical Monthly*, Vol. 107/7, pp. 615-630, <http://dx.doi.org/10.1080/00029890.2000.12005247>. [205]
- Murat, F. (2005), *Les compétences des adultes à l'écrit, en calcul et en compréhension orale (Report No. 1044)*, INSEE, París, <https://www.epsilon.insee.fr/jspui/bitstream/1/224/1/ip1044.pdf>. [188]

- Murnane, R., J. Willett and F. Levy (1995), "The Growing Importance of Cognitive Skills in Wage Determination", No. 5076, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, <http://www.nber.org/papers/w5076.pdf>. [34]
- Murray, S. (2006), *Reflections on the Rationale for, and Measurement of, Numeracy in PIAAC*, (Documento de referencia preparado para el taller técnico de expertos de la OCDE-Canadá sobre competencia matemática, Ottawa, 10 de noviembre de 2006), Statistics Canada, Ottawa. [155]
- Murray, S., Y. Clermont and M. Binkley (eds.) (2005), *Measuring Adult Literacy and Life Skills: New frameworks for Assessment*, Catalogue No. 89-552-MIE, No. 13, Statistics Canada, Ottawa. [4]
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2017), *Catalyzing Change in High School Mathematics*, NCTM, Reston, VA, https://www.nctm.org/uploadedFiles/Standards_and_Positions/CatalyzingChangePublicReview_w.pdf. [87]
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2000), *Principles and Standards for School Mathematics*, NCTM, Reston, VA. [120]
- National Institute of Adult Continuing Education (NIACE) (2011), *Numeracy Counts*, Comisión de investigación del NIACE sobre el aprendizaje de la competencia matemática de los adultos. NIACE, Leicester, <https://learningandwork.org.uk/wp-content/uploads/2020/02/Numeracy-Counts.pdf>. [61]
- National Research and Development Centre (NRDC) (2006), *Programme for the International Assessment of Adult Competencies: An Adult Numeracy Assessment Instrument for the UK*, (Documento de referencia preparado para el taller técnico de expertos de la OCDE-Canadá sobre competencia matemática, 10 de noviembre de 2006, Ottawa). National Research and Development Centre for Adult Literacy and Numeracy, Londres. [35]
- Noss, R., C. Hoyles and S. Pozzi (2002), "Abstraction in Expertise: A Study of Nurses' Conceptions of Concentration", *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 33/3, p. 204, <http://dx.doi.org/10.2307/749725>. [56]
- Nunes, T. (1992), "Ethnomathematics and everyday cognition", en Grouws, D. (ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, Macmillan, Nueva York. [102]
- Nunes, T., A. Schliemann y D. Carraher (1993), *Street Mathematics and School Mathematics*, Cambridge University Press, Cambridge. [103]
- OCDE (2019), "PISA 2018 Global Competence Framework", en *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/043fc3b0-en>. [69]
- OCDE (2018), *PISA 2021 Mathematics Framework (Second Draft) EDU/PISA/GB (2018)19*, Directorate for Education and Skills, Programme for International Student Assessment. [123]
- OCDE (2017), *Building Skills for All in Australia: Policy Insights from the Survey of Adult Skills*, OECD Skills Studies, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264281110-en>. [41]
- OCDE (2016), *Skills Matter: Further Results from the Survey of Adult Skills*, OECD Skills Studies, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264258051-en>. [194]
- OCDE (2016), *The Survey of Adult Skills: Reader's Companion, Second Edition*, OECD Skills Studies, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264258075-en>. [51]
- OCDE (2013), "Mathematics Framework", en *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264190511-3-en>. [122]

- OCDE (2013), *OECD Skills Outlook 2013: First Results from the Survey of Adult Skills*, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264204256-en>. [161]
- OCDE (2005), *The Definition and Selection of Key Competencies. Executive Summary.*, <https://www.oecd.org/pisa/35070367.pdf> (accessed on 31st October 2016). [49]
- OCDE/Statistics Canada (2005), *Learning a Living: First Results of the Adult Literacy and LifeSkills Survey*, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264010390-en>. [36]
- Ontario Ministry of Education (2006), *Number Sense and Numeration, Grades 4 to 6*, Ontario Department of Education, Toronto, http://www.eworkshop.on.ca/edu/resources/guides/NSN_vol_1_Big_Ideas.pdf. [14]
- Palm, T. (2009), "Theory of authentic task situations", en Verschaffel, L. et al. (eds.), *Words and Worlds: Modelling Verbal Descriptions of Situations*, Sense Publishers, Rotterdam. [137]
- Palm, T. (2008), "Impact of authenticity on sense making in word problem solving", *Educational Studies in Mathematics*, Vol. 67/1, pp. 37-58, <http://dx.doi.org/10.1007/s10649-007-9083-3>. [136]
- Palm, T. (2008), "Performance assessment and authentic assessment: A conceptual analysis of the literature", *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, Article 4, <https://doi.org/10.7275/0qpc-ws45>. [140]
- Palm, T. (2006), "Word problems as simulations of real-world situations: a proposed framework", *For the Learning of Mathematics*, Vol. 26/1, pp. 42–47. [135]
- Parshall, C. et al. (2002), *Practical Considerations in Computer-based Testing*, Springer-Verlag, Nueva York. [165]
- Partnership for 21st Century Skills (2016), *Framework for 21st Century Learning*, http://www.p21.org/storage/documents/docs/P21_framework_0816.pdf. [66]
- Paulos, J. (1995), *A Mathematician Reads the Newspaper*, BasicBooks, Nueva York. [72]
- Paulos, J. (1988), *Innumeracy: Mathematical Illiteracy and its Consequences*, Hill and Wang, Nueva York. [71]
- Pellegrino, J. y M. Hilton (eds.) (2012), *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*, The National Academies Press, Washington, DC, <http://dx.doi.org/10.17226/13398>. [67]
- Peters, E. (2012), "Beyond comprehension: The role of numeracy in judgments and decisions", *Current Directions in Psychological Science*, Vol. 21/1, pp. 31-35, <http://dx.doi.org/10.1177/0963721411429960>. [15]
- PIAAC Numeracy Expert Group (2009), "PIAAC Numeracy: A Conceptual Framework", *OECD Education Working Papers*, No. 35, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/220337421165>. [2]
- PISA Mathematics Expert Group (2009), *PISA CBAM Item Types*, Australian Council for Educational research, Melbourne. (Manuscrito inédito). [182]
- Presmeg, N. (2007), "The role of culture in teaching and learning mathematics", en Lester, F. (ed.), *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, InformationAge Publishers, Nueva York. [104]

- PwC (2015), *A Smart Move: Future-proofing Australia's Workforce by Growing Skills in Science, Technology, Engineering and Maths (STEM)*, <https://www.pwc.com.au/pdf/a-smart-move-pwc-stem-report-april-2015.pdf>. [86]
- Quality and Qualifications Ireland (QQI) (2016), *General Learning P1GL0*, <http://qsearch.qqi.ie/WebPart/AwardDetails?awardCode=P1GL0>. [78]
- Resnick, L. (1987), "The 1987 Presidential Address: Learning in school and out", *Educational Researcher*, Vol. 16/9, pp. 13-20, <http://dx.doi.org/10.2307/1175725>. [105]
- Rogoff, B. y J. Lave (eds.) (1984), *Everyday Cognition: Its Development in Social Context*, Harvard University Press, Cambridge, MA. [106]
- Roth, W. (2012), "The Work of Seeing Mathematically", en *Alternative Forms of Knowing (in) Mathematics*, Sense Publishers, Róterdam, http://dx.doi.org/10.1007/978-94-6091-921-3_11. [130]
- Rutherford, F. y A. Ahlgren (1990), *Science for all Americans*, Oxford University Press, Nueva York. [143]
- Rychen, D. (2004), "An overarching conceptual framework for assessing key competences in an international context. Lessons from an interdisciplinary and policy-oriented approach", en Descy, P. y M. Tessaring (eds.), *The Foundations of Evaluation and Impact Research. Third report on vocational training research in Europe: Background report*, Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo, http://www.cedefop.europa.eu/files/BgR1_Rychen.pdf. [50]
- Sabatini, J. y K. Bruce (2009), "PEAK Reading Component: A Conceptual Framework", *OECD Education Working Papers*, No. 33, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/220367414132>. [193]
- Saxe, G. (1992), *Culture and Cognitive Development: Studies in Mathematical Understanding*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ. [109]
- Saxe, G. et al. (1996), "Culture and children's mathematical thinking", en Sternberg, R. y T. Ben-Zeev (eds.), *The Nature of Mathematical Thinking*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ. [110]
- Saxe, G. y M. Gearhart (eds.) (1988), *Children's Mathematics (pp. 71-88)*, Jossey-Bass, San Francisco. [107]
- Schliemann, A. y N. Acioly (1989), "Mathematical knowledge developed at work: The contribution of practice versus the contribution of schooling", *Cognition and Instruction*, Vol. 6/3, pp. 185-221, http://dx.doi.org/10.1207/s1532690xci0603_1. [111]
- Schnotz, W. (2005), "An Integrated Model of Text and Picture Comprehension", en *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, Cambridge University Press, <http://dx.doi.org/10.1017/cbo9780511816819.005>. [173]
- Schnotz, W. (2002), "Commentary: Towards an integrated view of learning from text and visual displays", *Educational Psychology Review*, Vol. 14/1, pp. 101-120, <http://dx.doi.org/10.1023/a:1013136727916>. [172]
- Schnotz, W. et al. (2010), "Creative thinking and problem solving with depictive and descriptive representations", en Verschaffel, L. et al. (eds.), *Use of Representations in Reasoning and Problem Solving - Analysis and Improvement*, Routledge, Londres. [176]
- Schnotz, W. y M. Bannert (2003), "Construction and interference in learning from multiple representation", *Learning and Instruction*, Vol. 13/2, pp. 141-156, [http://dx.doi.org/10.1016/s0959-4752\(02\)00017-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0959-4752(02)00017-8). [174]

- Schnotz, W. y C. Kürschner (2007), "External and internal representations in the acquisition and use of knowledge: visualization effects on mental model construction", *Instructional Science*, Vol. 36/3, pp. 175-190, <http://dx.doi.org/10.1007/s11251-007-9029-2>. [175]
- Schwab, K. (2016), *The Fourth Industrial Revolution: What it Means, How to Respond*, [70]
<http://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>.
- Secretary's Commission on Achieving Necessary Skills (SCANS) (1991), *What Work Requires of Schools: A SCANS Report for America 2000*, U.S. Department of Labor, Washington, DC. [85]
- Shute, V. et al. (2016), "Advances in the science of assessment", *Educational Assessment*, Vol. 21/1, pp. 34-59, <http://dx.doi.org/10.1080/10627197.2015.1127752>. [166]
- Siemon, D. (2017), "Targeting 'big ideas' in mathematics", *Teacher Magazine*, [12]
<http://www.teachermagazine.com.au/articles/targeting-big-ideas-in-mathematics>.
- Siemon, D., J. Bleckly y D. Neal (2012), "Working with the Big Ideas in number and the Australian curriculum: Mathematics", en Atweh, B. et al. (eds.), *Engaging the Australian National Curriculum: Mathematics – Perspectives from the Field*, [13]
<http://www2.merga.net.au/sites/default/files/editor/books/1/Chapter%20%20Siemon.pdf>.
- Sommerauer, P. y O. Müller (2014), "Augmented reality in informal learning environments: A field experiment en a mathematics exhibition", *Computers & Education*, Vol. 79, pp. 59-68, [170]
<http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.013>.
- Stacey, K. (2015), "The real world and the mathematical world", en Stacey, K. y R. Turner (eds.), [138]
Assessing Mathematical Literacy: The PISA Experience, Springer, Nueva York.
- Steen, L. (2004), "Data, shapes, symbols: Achieving balance in school mathematics", en Madison, B. y L. Steen (eds.), *Quantitative Literacy: Why Numeracy Matters for Schools and Colleges*, [118]
Mathematical Association of America, Washington, DC, <http://www.statlit.org/pdf/2003-Steen-QL-Data-Shapes-Symbols.pdf>.
- Steen, L. (ed.) (1990), *On the Shoulders of Giants: New Approaches to Numeracy*, The National [11]
Academies Press, Washington, DC, <http://www.nap.edu/openbook.php?isbn=0309042348>.
- Straesser, R. (2015), "'Numeracy at work': a discussion of terms and results from empirical studies", [96]
ZDM Mathematics Education, Vol. 47/4, pp. 665-674, <http://dx.doi.org/10.1007/s11858-015-0689-0>.
- Straesser, R. (2003), "Mathematics at work: Adults and artefacts", en Maasz, J. y W. Schloeglmann [114]
(eds.), *Learning Mathematics to Live and Work in our World: Proceedings of the 10th International Conference on Adults Learning Mathematics (pp. 30-37)*, Johannes Kepler Universität, Linz,
<https://www.alm-online.net/images/ALM/conferences/ALM10/proceedings/alm-03-proceedingsalm10.pdf>.
- Sullivan, P. (2011), "Teaching mathematics: Using research-informed strategies", *Australian Education [147]*
Review, Vol. 59, <http://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1022&context=aer>.
- Sweller, J. (2010), "Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load", [180]
Educational Psychology Review, Vol. 22/2, pp. 123-138, <http://dx.doi.org/10.1007/s10648-010-9128-5>.
- Sweller, J. (2005), "Implications of cognitive load theory for multimedia learning", en Mayer, R. (ed.), [179]
The Cambridge Handbook of Multimedia Learning, Cambridge University Press,
<http://dx.doi.org/10.1017/cbo9780511816819.003>.

- Tertiary Education Commission (2008), *Learning Progressions for Adult Numeracy*, Wellington, [79]
<https://ako.ac.nz/knowledge-centre/learning-progressions-for-adult-numeracy/>.
- Thompson, P. (1995), "Notation, convention, and quantity in elementary mathematics", en Sowder, J. y B. Schappelle (eds.), *Providing a Foundation of Teaching Mathematics in the Middle Grades*, Suny Press, Albany, NY. [19]
- Tobias, S. (1993), *Overcoming Math Anxiety*, W. W. Norton & Company, Nueva York. [128]
- Tout, D. (2006), *Review of Numeracy Component of PIAAC (Documento de referencia preparado para el taller técnico de expertos de la OCDE en Canadá sobre competencia matemática, Ottawa, 10 de noviembre de 2006)*, Centre for Adult Education, Melbourne. [156]
- Tout, D. et al. (2017), *Review of the PIAAC Numeracy Assessment Framework: Final Report*, Australian Council for Educational Research, Camberwell, [1]
https://research.acer.edu.au/transitions_misc/29.
- Tout, D. y I. Gal (2015), "Perspectives on numeracy: Reflections from international assessments", *ZDM*, Vol. 47/4, pp. 691-706, <http://dx.doi.org/10.1007/s11858-015-0672-9>. [37]
- Tout, D. et al. (2020), *PIAAC Numeracy Task Complexity Schema: Factors that impact on item difficulty*, Australian Council for Educational Research, Camberwell, <http://dx.doi.org/10.37517/978-1-74286-609-3>. [141]
- Tout, D. y M. Schmitt (2002), "The inclusion of numeracy in adult basic education", en Comings, J., B. Garner and C. Smith (eds.), *The Annual Review of Adult Learning and Literacy: Volume 3*, Jossey-Bass, San Francisco. [38]
- Tout, D. y J. Spithill (2015), "The challenges and complexities of writing items to test mathematical literacy", en Stacey, K. y R. Turner (eds.), *Assessing Mathematical Literacy: The PISA Experience*, Springer, Nueva York. [183]
- Turner, E. et al. (2009), "'Everything is math in the whole world': Integrating critical and community knowledge in authentic mathematical investigations with elementary Latina/ostudents", *Mathematical Thinking and Learning*, Vol. 11/3, pp. 136-157, <http://dx.doi.org/10.1080/10986060903013382>. [131]
- Turner, R., W. Blum y M. Niss (2015), "Using competencies to explain mathematical item demand: A work in progress", en Stacey, K. y R. Turner (eds.), *Assessing Mathematical Literacy: The PISA Experience*, Springer, Nueva York. [192]
- U.S. Department of Education (2013), *College and Career Readiness Standards for Adult Education*, Office of Vocational and Adult Education, US Department of Education, Washington, DC, <https://lincs.ed.gov/publications/pdf/CCRStandardsAdultEd.pdf>. [80]
- UNESCO (2016), "Chapter 15: Literacy and Numeracy", en *Global Education Monitoring Report 2016. Education for People and Planet: Creating Sustainable Futures for All*, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, París, <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002457/245752e.pdf>. [196]
- UNESCO (1997), *International Standard Classification of Education: ISCED*, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, París, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000146967>. [48]
- Utts, J. (2003), "What educated citizens should know about statistics and probability", *The American Statistician*, Vol. 57/2, pp. 74-79, <http://dx.doi.org/10.1198/0003130031630>. [73]

- van den Heuvel-Panhuizen, M. y K. Gravemeijer (1991), "Tests are not all that bad: An attempt to change the appearance of written tests in mathematics instruction at the primaryschool level", en Streefland, L. (ed.), *Realistic Mathematics Education in Primary School*, Utrecht. [121]
- van Gog, T., F. Paas y J. Sweller (2010), "Cognitive load theory: Advances in research on worked examples, animations, and cognitive load measurement", *Educational Psychology Review*, Vol. 22/4, pp. 375-378, <http://dx.doi.org/10.1007/s10648-010-9145-4>. [181]
- Verschaffel, L. et al. (2009), *Words and Worlds: Modeling Verbal Descriptions of Situations*, Brill | Sense, <http://dx.doi.org/10.1163/9789087909383>. [139]
- Victorian Curriculum and Assessment Authority (VCAA) (2008), *Curriculum Planning Guide: Literacy and Numeracy Skills Strand Numeracy Skills Units. First Edition*, Victorian Curriculum and Assessment Authority, Victoria. [82]
- Voogt, J. y N. Roblin (2012), "A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies", *Journal of Curriculum Studies*, Vol. 44/3, pp. 299-321, <http://dx.doi.org/10.1080/00220272.2012.668938>. [68]
- Wagner, D. y B. Davis (2010), "Feeling number: Grounding number sense in a sense of quantity", *Educational studies in Mathematics*, Vol. 74/1, pp. 39-51. [16]
- Wake, G. (2015), "Preparing for workplace numeracy: A modelling perspective", *ZDM Mathematics Education*, Vol. 47/4, pp. 675-689, <http://dx.doi.org/10.1007/s11858-015-0704-5>. [97]
- Watson, J. y R. Callingham (2003), "Statistical literacy: A complex hierarchical construct", *Statistics Education Research Journal*, Vol. 2/2, pp. 3-46. [76]
- Wedegé, T. (2010), "People's mathematics in working life: Why is it invisible?", *Adults Learning Mathematics*, Vol. 5/1, pp. 89-97. [116]
- Wedegé, T. (2004), "Sociomathematics: Researching adults' mathematics at work", en Maasz, J. y W. Schloeglmann (eds.), *Learning Mathematics to Live and Work in our World: Proceedings of the 10th International Conference on Adults Learning Mathematics in Strobl (Austria), 29th June to 2nd July 2003 (pp. 38-48)*, Johannes Kepler Universität Linz. [115]
- Weeks, K. et al. (2013), "Safety in Numbers 7: veni, vidi, duci: A grounded theory evaluation of nursing students' medication dosage calculation problem-solving schemata construction", *Nurse Education in Practice*, Vol. 13/2, pp. e78-e87, <http://dx.doi.org/10.1016/j.nepr.2012.10.014>. [98]
- Williams, J. y G. Wake (2006), "Black boxes in workplace mathematics", *Educational Studies in Mathematics*, Vol. 64/3, pp. 317-343, <http://dx.doi.org/10.1007/s10649-006-9039-z>. [117]
- Willis, S. (1990), *Being numerate: What counts?* Australian Council for Educational Research, Victoria. [39]
- Windisch, H. (2015), "Adults with low literacy and numeracy skills: A literature review on policy intervention", *OECD Education Working Papers*, No. 123, OECD Publishing, París, <https://dx.doi.org/10.1787/5jrxnjdd3r5k-en>. [58]
- Yang, D., R. Reys and B. Reys (2009), "Number sense strategies used by pre-service teachers in Taiwan", *International Journal of Science and Mathematics Education*, Vol. 7/2, pp. 383- 403. [17]
- Yasukawa, K., T. Brown and S. Black (2013), "Production workers' literacy and numeracy practices: Using cultural-historical activity theory (CHAT) as an analytical tool", *Journal of Vocational Education & Training*, Vol. 65/3, pp. 369-384, <http://dx.doi.org/10.1080/13636820.2013.820214>. [133]
- Yasukawa, K. et al. (eds.) (2018), *Numeracy as Social Practice: Global and Local Perspectives*, Routledge, Nueva York and London, <http://dx.doi.org/10.4324/9781315269474>. [52]

Zevenbergen, R. (2004), "Technologizing numeracy: Intergenerational differences in working mathematically in new times", *Educational Studies in Mathematics*, Vol. 56/1, pp. 97-117.

[99]

Observaciones

¹ El término «matemático» se utiliza aquí en situaciones en las que puede aparecer información *estadística* o *probabilística* o en las que también se requiere razonamiento estadístico o comprensión estadística. El término solo se usa para mayor brevedad y comodidad. Se reconoce que la estadística no es una rama de las matemáticas, y que el razonamiento estadístico y la comprensión estadística tienen elementos, conceptos y procesos únicos que no son de carácter matemático (Moore y Cobb, 2000^[205]).

² Si se desea más información y ejemplos de las tareas sobre componentes de lectura, véase OCDE (2016^[51]), *The Survey of Adult Skills: Reader's Companion, Second Edition*.

4 Marco de evaluación del Ciclo 2 de PIAAC: Resolución adaptativa de problemas

Samuel Greiff (presidente), Universidad de Luxemburgo

Art Graesser, Universidad de Memphis

Dragos Iliescu, Universidad de Bucarest

Jean-François Rouet, Centro Nacional de Investigación Científica, Universidad de Poitiers

Katharina Scheiter, Universidad de Tubinga

Ronny Scherer, Universidad de Oslo

Con la ayuda de Juliana Gottschling y Jan Dörendal, Universidad de Luxemburgo

En este capítulo se define el concepto de resolución adaptativa de problemas (APS, por sus siglas en inglés) en el Ciclo 2 de PIAAC. El concepto de APS tiene en cuenta que tenemos que estar atentos, adaptarnos y estar dispuestos a modificar nuestros planes cuando interactuamos con el mundo social, físico y tecnológico del siglo XXI. En este capítulo del marco de referencia se describen los procesos cognitivos y metacognitivos que llevan a cabo las personas competentes para resolver problemas y adaptarse a condiciones cambiantes. En este sentido, la evaluación PIAAC de la APS se basa en un amplio conjunto de contextos de información y dimensiones de las tareas que impulsan el rendimiento general de la APS y los niveles individuales de rendimiento. Ciertos ejemplos de preguntas, consideraciones sobre su puntuación y captación de datos, así como un análisis exhaustivo de la relación entre la APS y otras competencias, proporcionan una visión general del marco de evaluación de la APS para PIAAC.

Introducción

Los rápidos cambios en la realidad social, física y tecnológica exigen que los individuos estén más atentos a los cambios, con mayor capacidad adaptativa y más dispuestos a modificar sus planes en pos de sus objetivos. Por lo tanto, es indiscutible que la competencia para resolver problemas y adaptarse a las condiciones cambiantes tiene una importancia crucial en el siglo XXI, donde los ciudadanos se enfrentan a tecnologías, sistemas sociales y temas cada vez más complejos (Levy y Murnane, 2006^[1]; National Research Council, 2012^[2]). La necesidad de resolver problemas es algo constante en el lugar de trabajo, al igual que en la vida cotidiana, para la mayoría de la población adulta. Por ejemplo, Felstead et al. (2013^[3]) concluyen que las habilidades de resolución de problemas son más importantes que las numéricas o de comunicación para que un trabajador tenga éxito. Un resultado que probablemente se generalice en las economías orientadas a los servicios. Por lo tanto, es importante, en general, evaluar la resolución de problemas como un concepto global.

El Programa Internacional para la Evaluación de las Competencias de los Adultos (PIAAC) incluyó un indicador de rendimiento en la resolución de problemas en el Ciclo 1, en 2011. Además de las dimensiones básicas de las habilidades de las personas adultas, como las relativas a componentes de la lectura, comprensión lectora, y competencia matemática, la encuesta evaluó la resolución de problemas en entornos muy tecnológicos (PS-TRE) para las personas de 16 a 65 años. El PS-TRE se centró en la fijación de objetivos, el seguimiento y la planificación en entornos muy tecnológicos (OCDE, 2012^[4]) y además del rendimiento en el uso de aplicaciones digitales específicas para acceder, buscar, gestionar, interpretar y evaluar información. El Ciclo 2 de PIAAC, en 2022, se centrará en la resolución adaptativa de problemas (APS). «Adaptativo» subraya que la resolución de problemas es un proceso que tiene lugar en entornos complejos y que no es una secuencia estática de una serie de pasos preestablecidos, sino un intento constante de resolver un problema. Por lo tanto, dado que los problemas en sí mismos pueden ser estáticos (sin cambios en los estados de partida o de llegada) o dinámicos (con cambios que se producen en el estado del problema), el proceso de resolución de problemas, frente a problemas dinámicos, es adaptativo; en otras palabras, las personas que se enfrentan a los problemas necesitan adaptarse al carácter dinámico de dichos problemas.

Hay tres aspectos básicos importantes que distinguen a la APS de anteriores evaluaciones a gran escala de resolución de problemas, como el PS-TRE o la implantación en la evaluación del Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA):

- En primer lugar, la competencia para manejar situaciones problemáticas dinámicas y cambiantes es cada vez más importante en la sociedad actual, por lo que la necesidad de contar con habilidades que permitan a la población adulta ajustar su pensamiento y razonamiento a la información novedosa y cambiante ha aumentado de manera crucial. Por lo tanto, la evaluación de la APS se centrará en problemas dinámicos que requieren que quienes se enfrentan a los problemas realicen un seguimiento de su resolución y que adapten su solución inicial a nuevas informaciones o circunstancias.
- En segundo lugar, las características de los problemas típicos con los que se encuentran los individuos en el trabajo y en la vida cotidiana han ido cambiando en las últimas cinco décadas, en parte, debido a los cambios radicales en las tecnologías digitales y los medios de comunicación (Autor, Levy y Murnane, 2003^[5]). Las soluciones a problemas concretos también están más distribuidas en el tiempo, ya que las personas aprovechan los recursos sociales y digitales que tienen limitaciones particulares de acceso y horarios. Esta nueva avalancha de información, y el cambio en el entorno al que se enfrentan las personas, se reflejará en las características de las tareas incluidas en la evaluación de la APS, por ejemplo, los entornos de información (físicos, sociales y digitales) y los contextos del problema (personal, laboral y de la comunidad social) en los que se situarán las tareas.

- Por último, los procesos cognitivos están intrínsecamente ligados al proceso de resolución de problemas por lo que siempre han sido un aspecto importante de la evaluación de este dominio. Sin embargo, especialmente en los problemas de alta adaptación y de mayor dificultad, las personas que se enfrentan a los problemas también han de implicarse en mayor medida en los procesos metacognitivos, como la capacidad de calibrar la propia comprensión del problema, evaluar posibles soluciones y hacer un seguimiento del avance para conseguir los objetivos. En consecuencia, la evaluación de la APS en el Ciclo 2 de PIAAC hará hincapié también en los procesos metacognitivos.

La finalidad de este documento es facilitar un marco de evaluación aplicando el marco conceptual de la APS (Greiff et al., 2017^[6]) para orientar la formulación de las correspondientes preguntas que se han de utilizar en el segundo Ciclo de PIAAC, así como la definición de su escala de calificación.

Adaptación a la dinámica evolutiva de las situaciones: La importancia de la resolución adaptativa de problemas

La capacidad de adaptarse con rapidez y flexibilidad a las nuevas circunstancias, de aprender a lo largo de la vida y de convertir el conocimiento en acción siempre ha sido importante para participar plenamente en los mercados laborales y en la sociedad (National Research Council, 2012^[2]). Sin embargo, en un mundo cada vez más cambiante y dinámico y que ofrece una gran cantidad de información procedente de diferentes recursos, la necesidad de adaptarse con flexibilidad a los cambios inesperados es cada vez más determinante. En el transcurso de un solo día, un individuo puede ser un comprador de bienes de consumo, un organizador del transporte local, un planificador de vacaciones (al buscar vuelos y alojamiento en hoteles o intercambios de casas), un planificador financiero y un decorador de interiores. Estas diferentes actividades abordan múltiples objetivos de manera no rutinaria que requieren habilidades APS. La gente tiene que adaptarse, por ejemplo, a los precios de los productos básicos que cambian de la noche a la mañana, a una huelga de transportistas, a sitios de Internet que se caen y a personas que cancelan citas. Adaptarse a estos cambios inesperados en estos diferentes entornos requiere que las personas que se enfrentan a los problemas apliquen diferentes recursos en los entornos físicos, sociales y digitales, además de sus propias actividades mentales. Por lo tanto, la APS es especialmente importante para la evaluación, ya que los problemas suelen cambiar de manera dinámica durante el transcurso de su resolución, lo que requiere un seguimiento constante y, si es necesario, la adaptación de la solución original del problema. Estos cambios se producen debido a acontecimientos físicos o sociales inesperados en el entorno y a las consecuencias imprevistas de las acciones de las personas que se enfrentan a los problemas.

Es importante destacar que la evaluación de la APS en el Ciclo 2 de PIAAC va más allá de lo que se evaluó en anteriores evaluaciones internacionales de la OCDE sobre la resolución de problemas. Por un lado, los problemas que evaluaban la resolución de problemas individuales en PISA 2009 eran totalmente estáticos, es decir, los estados de partida y llegada no cambiaban, y eran anteriores a la recogida de datos en los ordenadores. En PISA 2012, la evaluación de la competencia de resolución de problemas estaba informatizada y permitía afrontar situaciones problemáticas interactivas, además de las estáticas (OCDE, 2014^[7]). Las preguntas se dinamizaron en el sentido de que el quien se enfrentaba a los problemas necesitaba interactuar con el entorno del problema para encontrar toda la información relevante para resolverlo. PISA 2015 se centró entonces en la resolución colaborativa de problemas con agentes informáticos que interactuaban con quien se enfrentaba a los problemas a través de servicios de chat y acciones realizadas en espacios de trabajo compartidos (OCDE, 2017^[8]). Es importante destacar que el significado del término *dinámico* se amplía en la evaluación de la APS, ya que se refiere no solo a la exploración del entorno, es decir, a la interacción entre quien se enfrenta a problemas y el contexto de información, sino también a los cambios en la situación del problema a los que debe adaptarse la solución inicial. Cuando nos referimos a «dinámico» en lo que sigue, siempre utilizamos el término en este sentido más amplio.

Como ya se ha mencionado, la resolución de problemas ya se evaluó en el Ciclo 1 de PIAAC. La evaluación del PS-TRE fue concebida para realizar un seguimiento de las habilidades de procesamiento de información de las personas que se enfrentan a problemas al operar en entornos muy tecnológicos, utilizando las habilidades de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Por lo tanto, el núcleo de la evaluación del PS-TRE era la comprensión y la evaluación de información significativa disponible en entornos muy tecnológicos, incluidos los sitios web simulados, el correo electrónico y los entornos de trabajo de las hojas de cálculo (OCDE, 2012^[4]). La evaluación de la APS también utilizará entornos muy tecnológicos. Sin embargo, estos entornos constituirán más bien el contexto en el que el problema se desarrolla dinámicamente y al que las personas tienen que adaptar su solución inicial del problema.

Los componentes cognitivos y metacognitivos de la resolución adaptativa de problemas

Como ya se ha mencionado, el éxito en la resolución de problemas requiere que quien se enfrente a los problemas se implique tanto en los procesos cognitivos como en los metacognitivos. Las evaluaciones anteriores de resolución de problemas incorporaron teorías cognitivas básicas de resolución de problemas (Funke, 2010^[9]; Mayer y Wittrock, 2006^[10]). Estas empiezan con la definición de un problema como si tuviera un estado de partida, uno de llegada, un conjunto de operadores lógicos para llegar desde el de partida al de llegada, y planes para las soluciones de subtareas. Las evaluaciones PISA 2012 y 2015 identificaron los componentes de resolución de problemas como 1) analizar, comprender y representar el problema, 2) buscar, planificar y ejecutar posibles soluciones, y 3) hacer un seguimiento y reflexionar sobre el avance para la resolución del problema. La evaluación de la APS en el Ciclo 2 de PIAAC tendrá los siguientes componentes *cognitivos* para la resolución de problemas, que son similares, pero no exactamente iguales: *definir el problema* —igual que el 1) —; *buscar información*, y *aplicar una solución* —estos dos últimos componentes que se corresponden con el 2)—, a diferencia de los que incorporará la evaluación explícita de metacognición.

Los procesos cognitivos se complican en la APS, donde es posible que la solución del problema se tenga que adaptar en respuesta a situaciones que cambian dinámicamente, es decir, las realidades físicas, sociales y digitales experimentan con frecuencia cambios a los que el individuo debe adaptarse. El individuo se enfrenta al reto adicional de tener que hacer un seguimiento continuo, a menudo mediante un esfuerzo consciente, tanto si el estado actual del problema sigue siendo el mismo, como si cambia a lo largo de la resolución del problema, y tanto si los operadores que ya se conocen debido a intentos de resolución de problemas similares siguen estando disponibles, como si hay que identificar otros nuevos, y qué planes pueden ejecutarse utilizando los recursos disponibles en un momento dado. El Ciclo 2 de PIAAC incluirá preguntas que consideren los procesos metacognitivos, además de los cognitivos. La función de los procesos metacognitivos adquiere mayor importancia en la medida en que los problemas son más complejos y difíciles de comprender (lo que requiere una calibración de la comprensión), los problemas cambian dinámicamente (en cuyo caso se requiere evaluar y reevaluar la idoneidad de los operadores y los planes), y el avance para llegar a la solución es más difícil de discernir (requiere un seguimiento y una reflexión sobre el avance hacia los objetivos).

Tanto los procesos cognitivos como los metacognitivos se evaluarán en tres etapas de resolución de problemas: definición del problema, búsqueda de una solución y aplicación de la solución. En cada etapa se requieren procesos cognitivos y metacognitivos; algunas preguntas abarcan ambos procesos y otras se centran o en la cognición o en la metacognición.

En resumen, en el Ciclo 2 de PIAAC, la evaluación de la APS hará mayor hincapié en la capacidad de los individuos para a) adaptar de forma flexible y dinámica sus estrategias de resolución de problemas en un entorno de cambio dinámico, b) identificar y seleccionar entre una serie de recursos físicos, sociales y digitales disponibles, c) hacer un seguimiento y reflexionar sobre su avance en la resolución de problemas mediante procesos metacognitivos. Por lo tanto, las tareas de evaluación reflejarán que las soluciones a

los problemas del mundo moderno requieren una inteligencia reflexiva, flexible y adaptativa.

A continuación, definiremos en primer lugar la APS y presentaremos dos tareas para ejemplificar el método de evaluación de esta. Y luego, detallaremos las dimensiones de la tarea que definen cada una de las tareas de la APS y describiremos los procesos cognitivos y metacognitivos necesarios. En la siguiente sección se describen los factores que pueden utilizarse para describir los niveles de competencia de la APS y, a continuación, se presenta un resumen de la evaluación de la APS. Terminamos con una comparación de la APS con otras habilidades básicas, como la competencia lectora, la competencia matemática y la competencia digital.

Definición de la resolución adaptativa de problemas

Explicación de la definición de resolución adaptativa de problemas

Como se ha mencionado anteriormente, hay tres aspectos básicos que están representados en el marco conceptual (Greiff et al., 2017^[6]) y de evaluación de la APS. En primer lugar, en un mundo cambiante de manera dinámica, es esencial reaccionar ante los cambios imprevistos y la nueva información de forma flexible y adaptativa. Esto se representa con el término «adaptativo» en la APS. En segundo lugar, dado que la cantidad de información disponible en el mundo del siglo XXI es cada vez mayor, nos encontramos con una gran cantidad de información procedente de diferentes fuentes. Esta ampliación de los entornos informativos debe tenerse en cuenta y se reflejará en las tareas desarrolladas en relación con la APS, que se situarán en una serie de entornos y contextos de información. Por último, aunque los aspectos cognitivos siempre han sido una parte importante de la resolución de problemas, el cambio necesario de planes y enfoques de un problema y la adaptabilidad y flexibilidad que conllevan requieren una mayor atención a la metacognición, aparte de la que ya se presta a la cognición. Por lo tanto, la APS hace hincapié en los aspectos metacognitivos a lo largo del proceso de resolución de problemas.

La definición de la resolución adaptativa de problemas en el Ciclo 2 de PIAAC es la siguiente:

La resolución adaptativa de problemas corresponde a la capacidad de lograr los objetivos personales en una situación dinámica, en la que no se dispone de un método de solución inmediato. Requiere activar procesos cognitivos y metacognitivos para definir el problema, buscar información y aplicar una solución en diversos entornos y contextos de información. (Greiff et al., 2017^[6])

Cada parte de esta definición se explica con más detalle a continuación.

La resolución adaptativa de problemas...

El término «adaptativo» subraya la naturaleza adaptativa de la resolución de problemas con independencia del entorno o el contexto en el que esta se produce. Esto pone de relieve que la resolución de problemas es un proceso que tiene lugar en entornos complejos y que este no es una secuencia estática de una serie de pasos preestablecidos. Podría haber más bien una naturaleza adaptativa en el proceso de resolución de problemas en cada paso. Dicho de otro modo, las personas que se enfrentan a los problemas deben permanecer receptivos y prestar atención a los cambios situacionales y, por consiguiente, adaptar su enfoque para solucionar los problemas. El término «adaptativo» se relaciona fácilmente con nociones

como flexibilidad o plasticidad cognitiva, pero su significado es más amplio y abarca toda la serie de componentes cognitivos y no cognitivos que intervienen en la APS.

Se eligió «resolución de problemas» como un término básico para centrarse en situaciones que requieren soluciones no rutinarias (en contraposición a las tareas, véase más adelante), independientemente del dominio de contenido específico. La resolución de problemas se considera generalmente una de las actividades más omnipresentes y necesarias para superar con éxito los retos en situaciones imprevistas, ya sea en contextos educativos, laborales o de la vida privada. Dado que los problemas pueden surgir en diversos entornos, el proceso de resolución de problemas, incluyendo sus distintos componentes, puede aplicarse en diferentes dominios. De hecho, la comprensión transversal de resolución de problemas se ha incluido recientemente en varias evaluaciones a gran escala, como el PIAAC y el PISA, pero estos programas se diferencian en que no se centraron en la naturaleza «adaptativa» de la resolución de problemas del siglo XXI.

...corresponde a la capacidad de lograr los objetivos personales en una situación dinámica...

El amplio término «capacidad» pretende transmitir que la APS es una competencia compleja compuesta por una serie de conjuntos de habilidades más específicas, sobre todo de aspectos cognitivos y metacognitivos, que se abordan explícitamente en la evaluación. La APS también incluye la motivación para tratar la situación problemática y afrontar sus retos y cambios imprevistos. De este modo, el aspecto motivacional es una parte implícita de la evaluación, pero no es una parte explícita de la evaluación básica de la APS.

La resolución de problemas es una actividad dirigida a un objetivo, en la que la persona que se enfrenta al problema está inmersa en una situación que debe dominar con éxito y que puede ser dinámica. Por lo tanto, a diferencia de la resolución de problemas estática, que tiene lugar exclusivamente en situaciones que no tienen ningún componente dinámico, lo que implica que toda la información relevante esté disponible desde el principio y que no haya que prever ningún cambio en la configuración del problema, aquí las restricciones o los objetivos se tienen que prever. Cuando se implican en la APS, las personas que se enfrentan a los problemas necesitan anticipar, incorporar y lidiar con muchos tipos de cambios dinámicos que pueden ocurrir mientras pasan de un estado de partida a un estado de llegada deseado. Por lo tanto, la APS se refiere al proceso de resolución de problemas en la dinámica evolución de las situaciones. Más concretamente, el aspecto dinámico de la situación problemática implica, por un lado, que podría ser necesario adquirir información relevante de diferentes fuentes a lo largo del proceso, lo que se ha considerado importante en anteriores evaluaciones de resolución de problemas (cf. la evaluación de resolución de problemas en PISA 2012). Sin embargo, además de la capacidad de analizar una situación problemática, quien se enfrenta a los problemas también tiene que hacer frente a varios tipos de cambios en la situación y necesita reaccionar a estos. Dicho de otro modo, habilidades que se enfrentan a los problemas tienen que hacer un seguimiento de su avance, el estado del problema, el entorno y el contexto en un intento de atender a la naturaleza dinámica de la situación general del problema, que puede mostrar cambios constantes o casi ninguno. Desde el punto de vista de una evaluación, la inclusión del componente dinámico se basa en el uso de evaluaciones de base tecnológica que permiten el tipo de preguntas en las que se pueden implementar dichos cambios dinámicos. En este sentido, el Ciclo 2 de PIAAC es una evaluación de base tecnológica que permite ampliar el alcance de las habilidades a través de los medios técnicos y, con ello, nuevos formatos de preguntas a disposición de los desarrolladores de pruebas.

...en la que no se dispone de un método de solución inmediato.

Esta parte de la definición alude a un componente básico de prácticamente cualquier definición de

resolución de problemas: al principio, el camino hacia la solución, y esta misma, no están inmediatamente claros y requieren que quien se enfrenta a los problemas inicie un proceso que, finalmente, conduzca al estado de llegada. En esto se distingue la resolución de problemas de una mera tarea, en la que la solución suele estar fácilmente disponible. También se observa que, incluso en habilidades específicas, como las matemáticas o las ciencias, no todas las preguntas son de resolución de problemas, ya que algunas de ellas podrían resolverse simplemente sabiendo la respuesta correcta, y también destaca el aspecto no rutinario de los problemas en este campo. Así pues, hay un vínculo directo entre los marcos existentes de resolución de problemas, por ejemplo, la resolución de problemas en PISA 2012 o la resolución de problemas colaborativos en PISA 2015, pero la noción de una solución que no es de fácil acceso es aún más esencial para la APS, porque los cambios en la configuración o situación del problema requieren una revisión de las soluciones iniciales y, en algunos casos, nuevos enfoques para resolver este problema.

...Requiere aplicar procesos cognitivos y metacognitivos...

Tanto los componentes cognitivos como los metacognitivos son aspectos esenciales de la APS. La resolución de problemas siempre requiere algún tipo de cognición, como la organización e integración de la información en un modelo mental o la evaluación de los operadores en cuanto a su pertinencia, para alcanzar el estado meta deseado. Sin embargo, la metacognición, por ejemplo, el establecimiento de un objetivo o la reflexión sobre el avance también es importante. De hecho, ambos componentes suelen estar entrelazados de tal manera que es difícil separarlos y será un reto llevarlo a cabo en la evaluación. Aunque la función de la metacognición ha sido reconocida en anteriores marcos de evaluación, a menudo no se ha abordado explícitamente, sino que se ha considerado como una parte incluida implícitamente en la evaluación. En este caso, la APS difiere en el sentido de que para hacer frente a una situación dinámica de forma adaptativa se requiere siempre un cierto nivel metacognitivo. Por ejemplo, si la situación cambia sin un nivel suficiente de conciencia metacognitiva, este cambio pasará desapercibido y no conducirá a una solución del problema. Así, el marco conceptual (Greiff et al., 2017^[6]) subraya que el mundo del siglo XXI no se puede dominar con éxito sin un cierto nivel metacognitivo. La evaluación de la APS se diseñará de manera que refleje claramente el uso necesario de la metacognición y también desarrollará preguntas enfocadas principalmente hacia la competencia metacognitiva del encuestado.

...para definir el problema, buscar información y aplicar una solución...

El marco de la APS define tres amplias etapas de resolución de problemas ordenadas lógicamente desde la definición del problema en primer lugar, la búsqueda de información en segundo lugar y, por último, la aplicación de una solución. Sin embargo, esta es una descripción esquemática y cualquier actividad de resolución de problemas alterna entre las diferentes etapas o incluso puede emplearlas simultáneamente. A continuación, la descripción pretende dar a entender que normalmente prevalece una de esas actividades. La evaluación tendrá como objetivo dilucidar las habilidades cognitivas y metacognitivas de las personas que se enfrentan a los problemas a lo largo de estas tres etapas de manera integral.

En cada una de las tres etapas, tanto los procesos cognitivos como los metacognitivos son relevantes y, aunque hay cierto solapamiento, muchos de los procesos son distintos en una etapa específica. De hecho, la delimitación del proceso de resolución de problemas en diferentes etapas se ve permanentemente reflejado en la literatura sobre resolución de problemas, aunque existe cierto desacuerdo en cuanto al número y tipo de etapas. En la APS, el encuestado se enfrenta al reto de que en cualquier momento puede producirse un cambio en la configuración, lo que requeriría un seguimiento constante y con disposición a reaccionar a lo largo de estas etapas. Por lo tanto, en comparación con otros enfoques de resolución de problemas, una definición, un conjunto de informaciones o una ruta elegida hacia la solución desarrollados en su día pueden quedar obsoletos, y en su lugar hay que desarrollar nuevas definiciones, informaciones

o rutas hacia la solución.

...en diversos entornos y contextos de información.

Esta última parte de la definición subraya que, en los entornos ricos en información, y prácticamente todos los problemas actuales están inmersos en ellos, las diferentes fuentes de las que procede la información y los diferentes contextos son de gran relevancia. La información puede obtenerse de entornos físicos, sociales o digitales, con lo que se pretende cubrir el carácter ubicuo a partir del cual el encuestado puede conocer un problema del mundo actual. En este aspecto, la APS se diferencia de evaluaciones anteriores de resolución de problemas que se centraban en fuentes de información específicas, como el entorno social en la resolución de problemas colaborativa en PISA 2015 o en los conocimientos obtenidos en sitios web en la evaluación de resolución de problemas en entornos muy tecnológicos, en el primer Ciclo de PIAAC. Además, como las situaciones que requieren la APS pueden darse en diferentes contextos, pueden verse problemas que se enmarquen en un contexto personal, laboral o de una comunidad social, ya que las personas que se adaptan bien a los problemas deben ser capaces de aplicar su competencia en todos los contextos y obtener información de un amplio conjunto de fuentes.

En la siguiente sección se describen dos tareas de ejemplo, «Preparación de la cena» y «Bolsa», para mostrar lo que se entiende por APS en términos de situaciones del mundo real. A continuación, procedemos a una descripción más detallada de las características del problema subyacente a las funciones de la APS, los factores de dificultad asociados, los procesos cognitivos y metacognitivos implicados, y definiremos los niveles de competencia asumidos que determinan la calidad de la solución derivada. Vincularemos esta descripción formal a las dos tareas de ejemplo a lo largo de este documento marco para ilustrar el proceso de la APS.

Tareas de ejemplo «Preparación de la cena» y «Bolsa»

La evaluación de la APS en el Ciclo 2 de PIAAC contendrá tareas basadas en escenarios, que describen problemas cotidianos y de la vida laboral. A continuación, describimos dos ejemplos de tareas de la APS, con el fin de ilustrar cómo se llevan a la práctica los principios de esta. Es importante mencionar que los participantes aprenderán a interactuar con los entornos facilitados antes de comenzar con la evaluación. Además, las dos unidades que aparecen a continuación son ejemplos de cómo pueden ser las tareas de la APS. Ninguno de los ejemplos formará parte de la evaluación final de la APS.

- El primer ejemplo, *Preparación de la cena*, abarca un escenario de la vida cotidiana en el que quien se enfrenta a los problemas tiene que planificar y cumplir diferentes objetivos a lo largo de un día. Debido a la necesidad habitual de adaptar los planes iniciales, reaccionando con flexibilidad a las circunstancias cambiantes y a los estancamientos que pueden darse, e incorporando y tratando con la nueva información, el hecho de enfrentarse a la vida cotidiana podría considerarse el prototipo de una tarea de la APS.
- El segundo ejemplo, *Bolsa*, describe una simulación financiera en la que quien se enfrenta a los problemas tiene que tomar decisiones de compra y venta para una serie de empresas, en función de su evolución en el mercado, con el fin de maximizar beneficios. El problema es muy dinámico, ya que su configuración cambia constantemente y los participantes tienen que adaptar continuamente sus soluciones a la última evolución del entorno del problema.

Ejemplo de tarea: Preparación de la cena

En el ejemplo de la unidad *Preparación de la cena* (véase el Cuadro 4.1), se pide al participante que utilice un mapa interactivo para lograr una serie de objetivos predefinidos. La situación inicialmente estática se

dinamiza a través de los obstáculos que presentan un cambio en el problema presentado y las soluciones disponibles.

El Cuadro 4.1 muestra dos ejemplos de preguntas para la *Preparación de la cena*. La unidad comienza con una tarea de planificación estática. En la primera pregunta, el participante tiene que utilizar un mapa interactivo para encontrar la ruta más rápida para lograr tres objetivos, teniendo en cuenta una serie de limitaciones de tiempo. Además, tiene que llevar a un niño al centro educativo a una hora determinada, comprar los ingredientes para la cena y volver a casa a una hora determinada. Esto podría considerarse una tarea estándar de resolución de problemas, en la que hay que encontrar una solución, dadas algunas restricciones que hay que cumplir. En la segunda pregunta, la situación se dinamiza, ya que el participante tiene que enfrentarse a nuevas circunstancias que interfieren en la solución inicial del problema. Hay que superar los obstáculos y tener en cuenta las limitaciones adicionales al adaptar la solución inicial del problema.

Cuadro 4.1. Unidad de ejemplo «Preparación de la cena»

Descripción general de los antecedentes del problema:

Planificar y coordinar diferentes objetivos, a veces contradictorios, son partes elementales de nuestra vida cotidiana. Incluyen desde actividades que implican objetivos únicos y múltiples que deben planificarse diariamente, hasta objetivos a largo plazo, y pueden surgir en diversos contextos, ya sean personales, laborales o sociales. Sin embargo, los planes también se ven repetidamente frustrados por acontecimientos imprevisibles o cambios en la situación inicial. Para hacer frente, y con éxito, a estas situaciones que cambian dinámicamente, en las que la solución no suele estar directamente accesible, es necesario que todo el mundo se comprometa con la APS. Más en concreto, hay que definir la situación problemática emergente y considerar la información sobre cómo abordarla y aplicar la (nueva) solución.

Cómo se desarrolla la unidad:

Imagine que tiene que lograr un solo objetivo, o incluso varios, a lo largo del día, como recoger al niño del centro educativo y hacer la compra para la cena. Para lograr ambos objetivos, debe planificar la mejor ruta para el viaje en coche, buscar los tiempos de conducción y hacer una lista de la compra. Al principio, la situación parece manejable y bastante predecible.

Ejemplo de pregunta 1

Las personas que se enfrentan a los problemas disponen de un mapa que muestra diferentes ubicaciones, una nota adhesiva que resume los objetivos que hay que alcanzar y las limitaciones de tiempo que hay que cumplir. Un reloj muestra la hora del día y la información sobre el tiempo de conducción que se puede ver haciendo clic en los lugares. En esta primera pregunta, tienen que navegar por el mapa dibujando líneas para encontrar el camino más rápido para a) llevar el niño al centro educativo a las 8:30 y b) ir al mercado a comprar los ingredientes para la cena.

Sin embargo, tal y como en la vida real, mientras vas de camino, de repente te encuentras con que una de las tiendas locales está cerrada y tienes que idear un plan diferente: puedes, por ejemplo, ir a otra tienda, llamar a alguien para que te consiga el ingrediente que te falta o cambiar los planes de la cena.

PIAAC
? ◀ ▶

Preparación de la cena - Pregunta 1 / 2

Mire el mapa y la nota adhesiva. Siga las instrucciones y presione los puntos de destino para completar la siguiente tarea.

Son las 8 de la mañana. Tiene que llevar a su hijo a la escuela a las 8:30 a .m. e ir a una tienda a comprar los ingredientes para la cena. Tiene que estar de vuelta en casa a las 10:00 a .m.

Planifique la ruta más rápida para lograr estos objetivos. Tenga en cuenta las limitaciones de tiempo.

Después de dibujar la ruta hacia el primer punto de destino, pulse sobre Aplicar para continuar con la planificación. El tiempo de conducción se actualizará.

- Llevar a su hijo a la escuela antes de las 8:30 a .m.
- Comprar ingredientes para la cena
- Volver a casa a las 10:00 a .m.

REINICIAR
APLICAR

Ejemplo de pregunta 2

Cuando los participantes han planeado su ruta, les informan de que el mercado que han elegido está cerrado debido a una fuga de agua. Así que tienen que ajustar su ruta teniendo en cuenta las limitaciones de tiempo.

PIAAC
?
◀ ▶

Preparación de la cena - Pregunta 2 / 2

Mire el mapa y la nota adhesiva. Siga las instrucciones y presione los destinos de destino para completar la siguiente tarea.

Ha planificado la ruta para cumplir todos sus objetivos del día tal y como se muestra en el mapa.
 Son las 8:30 y ya has llevado a su hijo al colegio. Está a punto de salir hacia su próximo punto de destino previsto cuando recibe una noticia de que la tienda que ha elegido ha cerrado debido a una fuga de agua.

Adapte la ruta que ha elegido para cumplir los demás objetivos del día. Tenga en cuenta las limitaciones de tiempo.

- Llevar a su hijo a la escuela antes de las 8:30 a .m.
- Comprar ingredientes para la cena
- Volver a casa a las 10:00 a .m.

8:30

Tienda A 15 minutos

Centro educ. 10 minutos

Tienda C 25 minutos

Tienda B

Inicio

Tiempo total de conducción: 50 min

REINICIAR APLICAR

Ejemplo de tarea: «Bolsa»

En la unidad de ejemplo *Bolsa* (véase el Cuadro 4.2) se facilita una simulación de bolsa, en la que se parte con acciones iniciales en cinco empresas, y una pequeña suma de efectivo disponible que pueden invertir. Pueden vender acciones a cambio de dinero, o comprar nuevas acciones con dinero en efectivo. Los precios de las acciones varían a diario. La situación describe un problema de «alteración constante», es decir, el problema no está basado en turnos, y no avanza a una nueva etapa a menos que quien se enfrenta a los problemas se comprometa a actuar. Evoluciona más bien en tiempo real, aunque el participante no desempeñe ninguna acción: en este caso, aparece un nuevo «día» en pantalla cada 60 segundos. Al juzgar el historial de cada empresa, las personas que se enfrentan a los problemas tienen que tomar una decisión respecto a la solución de inversión que muy probablemente producirá un beneficio en el futuro. Entonces deben vender las inversiones inadecuadas que tienen en su cartera y comprar acciones en las empresas más prometedoras, con el fin de maximizar el valor de su cartera.

Aunque la estructura de la unidad puede parecer bastante especializada (bolsa, operaciones financieras), el problema es, de hecho, una tarea basada en el razonamiento lógico. No contiene referencias a empresas o industrias reales, y la solución no depende de conocimientos especializados.

El Cuadro 4.2 muestra dos ejemplos de preguntas de *Bolsa*. En la primera pregunta, el encuestado optimiza una cartera de inversiones, teniendo en cuenta la situación actual y el rendimiento de las cinco empresas durante un periodo de tiempo definido. En la segunda pregunta, la situación se complica, ya que cambia el patrón anterior de rendimiento de las cinco empresas. Se genera un estancamiento al tener las dos empresas una evolución positiva previa que se convierte en negativa; esto interfiere en la solución inicial del problema y requiere que las personas que se enfrentan a los problemas se replanteen su estrategia.

Cuadro 4.2. Unidad de ejemplo «Bolsa»

Descripción general de los antecedentes del problema:

La mayoría de las situaciones financieramente complejas tienen algunas características en común: se evalúa un número limitado de opciones sobre la marcha, como parte de una situación dinámicamente cambiante, en la que el estado óptimo del sistema, es decir, el momento de tomar una decisión, es incierto. Curiosamente, las transacciones financieras son comunes en un gran número de contextos, y no se limitan a los contextos laborales, sociales o comunitarios. Las transacciones financieras complejas han pasado a formar parte de la vida cotidiana en prácticamente todas las culturas y están en consonancia con las exigencias del mundo moderno. A lo largo de su vida, la mayoría de las personas tendrán que resolver problemas que contengan un componente financiero complejo.

Cómo se desarrolla la unidad:

Imagine que tiene que tomar una serie de decisiones financieras a lo largo de una semana o un mes, que impliquen la venta de acciones no competitivas y la compra de otras más competitivas. Para lograr el objetivo de maximizar su dinero tendrá que considerar la evolución de cada una de sus acciones cada día y, decidir cuáles han perdido valor y deben venderse, y cuáles han ganado valor y deben comprarse para beneficiarse. La situación es compleja desde el principio, y el problema se desarrolla día a día: no reaccionar de manera significativa al momento puede perjudicar sus inversiones, ya que el valor de cada acción cambia constantemente.

Ejemplo de pregunta 1

Se les facilita una simulación bursátil, en la que comienzan con acciones iniciales en cinco empresas, y una pequeña suma de dinero en efectivo que pueden invertir. Pueden vender acciones a cambio de dinero, o comprar nuevas acciones con dinero en efectivo. Los precios de las acciones varían a diario. Cada 60 segundos aparece en pantalla un nuevo «día», con nueva información sobre la evolución de las cinco empresas. En la pantalla aparece un breve historial, es decir, los últimos días de la evolución de cada empresa. El patrón de cambio de algunas empresas es transparente, es decir, el cambio futuro es predecible.

En esta primera pregunta, las personas que se enfrentan a los problemas deben decidir, basándose en el historial pasado de evolución de cada empresa, dónde invertir su dinero. Tienen que vender las acciones que no necesitan y comprar aquellas de las empresas más prometedoras, para maximizar el valor de su cartera.

PIAAC

Bolsa - Pregunta 1 de 2

Mire la información sobre sus inversiones y el rendimiento de las empresas en las que tiene acciones. Pulse «+» o «-» en la tabla para responder a la siguiente pregunta.

Basándose en la información facilitada, ¿qué acciones debería comprar o vender para incrementar al máximo sus oportunidades de obtener mayores beneficios al día siguiente?

Presione «+» para comprar o «-» para vender acciones de una o varias de las empresas del cuadro siguiente.

	Acciones que posee ahora	comprar	vender	Acciones en propiedad después de invertir
Empresa 1	20	+	-	23
Empresa 2	4	+	-	6
Empresa 3	6	+	-	3
Empresa 3	15	+	-	10
Empresa 4	10	+	-	8

Su cartera de acciones			
	Acciones en posesión	Precio actual por acción	Total de existencias
Empresa 1	20	2,50 Zeds	50,00
Empresa 2	4	3,00 Zeds	12,00
Empresa 3	6	6,00 Zeds	36,00
Empresa 4	15	1,25 Zeds	18,75
Empresa 5	10	3,00 Zeds	30,00
Total de existencias			146,75

Sus inversiones		
Dinero total que se invertirá	Dinero total que se invertirá	Dinero disponible para invertir
200	146,75	= 53,25

Rendimiento de las acciones en los últimos cinco días

**Ejemplo de pregunta 2**

Después de que los participantes hayan comprometido su cartera en una o dos de las empresas más prometedoras y predecibles (empresas 2 y 3), el comportamiento de estas cambia, y empiezan a tener un rendimiento negativo. Los participantes deben ajustar su inversión sin perder de vista el objetivo final de generar la mayor cantidad de dinero posible.

PIAAC

Bolsa - Pregunta 2 de 2

Mire la información sobre sus inversiones y el rendimiento de las empresas en las que tiene acciones. Pulse «+» o «-» en la tabla para responder a la siguiente pregunta.

Basándose en la información facilitada, ¿qué acciones debería comprar o vender para incrementar al máximo sus oportunidades de obtener mayores beneficios al día siguiente?

Presione «+» para comprar o «-» para vender acciones de una o varias de las empresas del cuadro siguiente.

	Acciones que posee ahora	comprar	vender	Acciones en propiedad después de invertir
Empresa 1	0	+	-	23
Empresa 2	33	+	-	6
Empresa 3	48	+	-	3
Empresa 3	0	+	-	10
Empresa 4	0	+	-	8

Su cartera de acciones			
	Acciones en posesión	Precio actual por acción	Total de existencias
Empresa 1	0	2,50 Zeds	0,00
Empresa 2	33	3,00 Zeds	99,00
Empresa 3	48	6,00 Zeds	288,00
Empresa 4	0	1,25 Zeds	0,00
Empresa 5	0	3,00 Zeds	0,00
Total de existencias			387,00

Sus inversiones		
Dinero total que se invertirá	Dinero total que se invertirá	Dinero disponible para invertir
400	387,00	= 13,00

Rendimiento de las acciones en los últimos cinco días

	hoy	dia-1	dia-2	dia-3	dia-4
Empresa 1	+0.00%	-0.25%	+2.25%	-0.50%	+0.75%
Empresa 2	-0.40%	+0.10%	+0.10%	+0.10%	+0.10%
Empresa 3	-0.35%	+0.25%	+0.30%	+0.50%	+0.50%
Empresa 4	-2.00%	-0.25%	-0.75%	+1.75%	+1.25%
Empresa 5	+0.00%	+2.25%	-0.25%	+1.50%	-0.50%

Dimensiones básicas del campo APS

Hasta ahora, hemos resumido los fundamentos teóricos de la APS. La siguiente sección se centrará en las dimensiones básicas que servirán de base para la evaluación de la APS. La Figura 4.1 ilustra los componentes de cada una de las dimensiones básicas. El primer panel muestra las cinco dimensiones de la tarea que definen una tarea APS y los causantes de dificultades asociadas. Posteriormente, se describen con más detalle. Como se muestra en el panel central y se analiza en la siguiente sección, un segundo conjunto de componentes básicos son los procesos cognitivos y metacognitivos: la definición del problema, la búsqueda de información y la aplicación de una solución, que son cruciales para el proceso de resolución de problemas con mayor detalle. El tercer panel presenta una visión general de las características que definen la calidad de una solución, asociadas a tres niveles de competencia en la resolución adaptativa de problemas. A continuación, expondremos los supuestos niveles de competencia de la APS que constituirán la base del análisis.

Figura 4.1. El nexo entre las dimensiones de la tarea, los procesos metacognitivos y cognitivos y los niveles de rendimiento

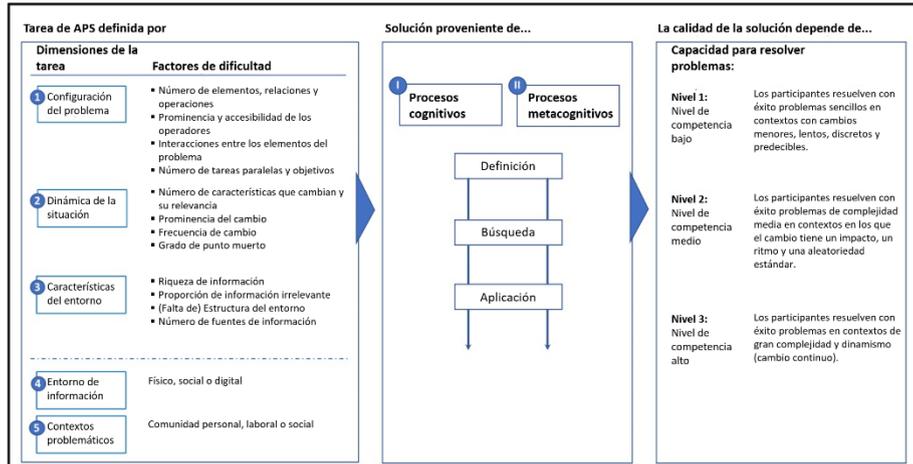


Figura 4.2

Tabla 4.1

Dimensiones de la tarea

Para entender realmente lo que constituye un problema adaptativo, es crucial identificar las características específicas que hacen que un problema lo sea, y preguntarse si existen diferencias cualitativas o cuantitativas entre varios problemas adaptativos. Al descomponer un problema, resulta evidente que cada problema adaptativo puede describirse mediante cinco características del problema o «dimensiones de la tarea»: (1) la configuración del problema, (2) la dinámica de la situación, (3) las características del entorno, (4) el entorno de información y (5) el contexto del problema (véase el panel izquierdo de la Figura 4.1). Estas cinco dimensiones de la tarea sirven para describir cualquier problema adaptativo (véase el Cuadro 4.3) y servirán de guía al desarrollo de la evaluación de la APS en el Ciclo 2 de PIAAC.

Las tres primeras de estas cinco dimensiones admiten cambios de *cantidad* y, por lo tanto, pueden adaptar la dificultad del problema. Cada una de estas tres dimensiones, tiene cuatro factores de dificultad aún más específicos y, ajustándolos, un problema puede ser más fácil o más difícil y requerir diferentes habilidades de las personas que se enfrentan a los problemas. Más concretamente, estas tres dimensiones, junto con los respectivos factores de dificultad, pueden caracterizarse de la siguiente manera:

1) Configuración del problema:

Esta dimensión de la tarea se refiere a la configuración inicial del problema y al (a los) estado(s) de llegada, incluyendo los elementos problemáticos, las relaciones y los recursos/operadores. Un problema puede contener más o menos elementos, y estos pueden interactuar entre sí o con relativa independencia. Los diferentes elementos pueden ser de fácil o difícil acceso, y pueden destacar más o menos. Los distintos elementos pueden interactuar entre sí o ser relativamente independientes y el requisito del problema puede incluir el cumplimiento de solo un objetivo o varios. Todas estas características de la configuración inicial generan dificultad en los problemas adaptativos.

Por lo tanto, los cuatro factores de dificultad típicos de esta dimensión de la tarea son: (1a) el número de elementos, relaciones y operaciones

- (1b) la notoriedad y la accesibilidad de los operadores
- (1c) las interacciones entre los elementos del problema
- (1d) el número de tareas y objetivos paralelos

2) Dinámica de la situación:

Esta dimensión de la tarea se refiere al cambio (o ausencia de cambio) en la situación del problema, de sus restricciones a lo largo del tiempo, y los efectos que genera en la configuración del problema.

Por ejemplo, el cambio puede darse en una o varias características del problema, las cuales cambian y pueden ser más o menos relevantes para alcanzar el objetivo; el cambio puede ser más o menos frecuente, y puede generar o no una dificultad y un estancamiento. Todas estas características del «dinamismo» del problema generan la dificultad de los problemas adaptativos.

Por lo tanto, los cuatro factores que generan dificultades, que son típicos de esta dimensión de la tarea, son: (2a) el número y relevancia de características cambiantes

(2b) la notoriedad del cambio

(2c) la frecuencia de cambio

(2d) el grado de estancamiento

3) Características del entorno:

Esta dimensión de la tarea se refiere a diversos rasgos característicos del entorno, la información y los recursos disponibles en el mismo. Por ejemplo, el entorno en el que se plantea y desenvuelve el problema puede ser rico en información, y esa puede ser o estar más o menos relevante y estructurada para resolver el problema. Estas características del entorno tienen un impacto directo en la dificultad del problema adaptativo.

Por lo tanto, los cuatro factores de dificultad típicos de esta dimensión de la tarea son: (3a) la riqueza de información

(3b) la proporción de información irrelevante

(3c) la (falta de) estructura del entorno

(3d) el número de fuentes de información

Las dimensiones de la tarea (1) a (3) y sus respectivos factores de dificultad son los bloques de construcción, a través de los que una construcción intencionada de unidades y preguntas de la prueba es capaz de obtener los procesos cognitivos y metacognitivos relevantes en las personas que se enfrentan a los problemas. Es indispensable comprender su estructura y función en la arquitectura de los problemas adaptativos. También cabe mencionar que no consideramos exhaustivos estos factores de dificultad de ningún modo. Los que se utilizan aquí reflejan aspectos importantes de la APS y se pueden manipular con relativa facilidad al elaborar las preguntas de la prueba. Por lo tanto, nos hemos decantado por estos, reconociendo explícitamente la posibilidad de describir también la configuración del problema, la dinámica de la situación y las características del entorno bajo otros parámetros diferentes. En el anexo 4.A. se definen más específicamente los respectivos factores de dificultad y se relacionan en función de la sencillez o dificultad que aportarían a los problemas.

Las dos últimas dimensiones de la tarea solo permiten realizar cambios en la *calidad* del contexto, en el que se plantea el problema y, por lo tanto, estas no determinan la dificultad del problema. Las dimensiones de la tarea (4), como el entorno de la información, y (5) los contextos problemáticos, facilitan el contexto de los problemas que aparecen en las preguntas. La contextualización es importante para cualquier esfuerzo de resolución de problemas: ningún problema real que la gente encuentre en su vida se encuentra sin contexto. Todos los problemas suceden (y se resuelven) en un entorno con su información específica que puede no ser directamente parte del problema, pero que puede determinar tanto el «sabor» del problema como los recursos que están disponibles para una solución significativa. Más específicamente, cualquier problema se produce en un contexto relacionado con la vida de las personas: algunos son personales, otros se producen en el ámbito laboral o en contextos comunitarios y sociales. El objetivo al especificar estas dos dimensiones es garantizar que el banco de preguntas refleja una serie de entornos y contextos de información.

4) Entorno de información:

Esta dimensión de la tarea se refiere a las fuentes de los recursos que están disponibles para resolver el problema. La naturaleza del entorno informativo puede ser física, social o digital. Es evidente que todos estos recursos aparecen en mayor o menor medida, de forma simultánea, en un esfuerzo de resolución de problemas digital, pero el problema obliga a manejar (al menos mentalmente) un tipo específico de recurso. Estos recursos se simularán en las tareas de evaluación.

- (4a) Los recursos físicos son los que requieren un manejo práctico: conducir un coche, hacer funcionar una máquina pulsando botones y tirando de palancas, conectar tuberías, entre otros.
- (4b) Los recursos sociales requieren que la persona que se enfrenta problemas participe en interacciones interpersonales y sociales con otras personas, como dirigir un grupo, planificar una actividad con amigos o familiares, o presentar un discurso ante un público.
- (4c) Los recursos digitales requieren que el encuestado interactúe con características o dispositivos digitales y utilice conocimientos y habilidades digitales, como clasificar una tabla, enviar un correo electrónico, buscar en internet, formatear un texto, entre otros.

5) Contextos problemáticos:

Esta dimensión de la tarea se refiere a la inserción situacional del problema, por el que las personas tienen problemas en su vida personal, en el trabajo o en contextos sociales y comunitarios.

- (5a) Los contextos personales pueden referirse al hogar, la familia, la carrera, la educación, los pasatiempos o las inversiones financieras; por lo tanto, estos requerirán que las personas que se enfrentan a los problemas resuelvan un problema que ocurre en el contexto de su vida personal.
- (5b) Los contextos relacionados con el mundo laboral pueden requerir que las personas que se enfrentan a los problemas resuelvan una tarea relacionada con el mundo laboral, o situarlos en un contexto relacionado con el mismo, en el que trabajen mediante un seguimiento o con compañeros.
- (5c) Los contextos relacionados con la sociedad y la comunidad pueden referirse a la interacción con otras personas en actividades de ocio, por ejemplo, ir a una fiesta, ir de excursión a la montaña, o con recursos comunitarios, por ejemplo, la policía, los bomberos o las instituciones administrativas.

Cuadro 4.3. Dimensiones de la tarea en las unidades de ejemplo

La unidad de *Preparación de la cena* tiene una configuración de problema específica: pide a los participantes que logren dos objetivos al mismo tiempo, los elementos del problema son accesibles, notorios y se presentan de forma visualmente ordenada. El entorno informativo de este ejemplo no es rico, y no se proporciona mucha información, relevante o irrelevante, más allá del problema que nos ocupa. La dinámica de la situación es media: cuando se induce el cambio, se incita a los examinados al cambio y se explican los detalles; aun así, estos pueden producir un estancamiento. El problema se sitúa en un contexto de problema personal y en un entorno de información mixto digital y físico.

El ejemplo de *la Bolsa* también presenta una mezcla específica de estas características. La configuración del problema requiere la resolución de un solo objetivo, y se basa en un elevado número de elementos, que son notorios y de fácil acceso para quien se enfrenta a los problemas. El entorno del problema no es muy rico y no ofrece mucha información, relevante o irrelevante, más allá del propio problema. La dinámica de la situación es elevada, con cambios frecuentes, pero notorios, que no crean un estancamiento explícito. El entorno de información es digital, y el contexto del problema es personal.

Las distintas dimensiones de la tarea son fundamentales en la descripción de cualquier problema adaptativo, y los factores de dificultad son los bloques de construcción operativos, a través de los cuales se implementan las dimensiones de la tarea en las unidades y las preguntas de la prueba (panel derecho de la Figura 4.1). Sin embargo, las dimensiones de la tarea solo reflejan el *problema adaptativo*, y no describen de ninguna manera relevante ni directa los procesos cognitivos y metacognitivos que subyacen a la *resolución* de problemas adaptativos.

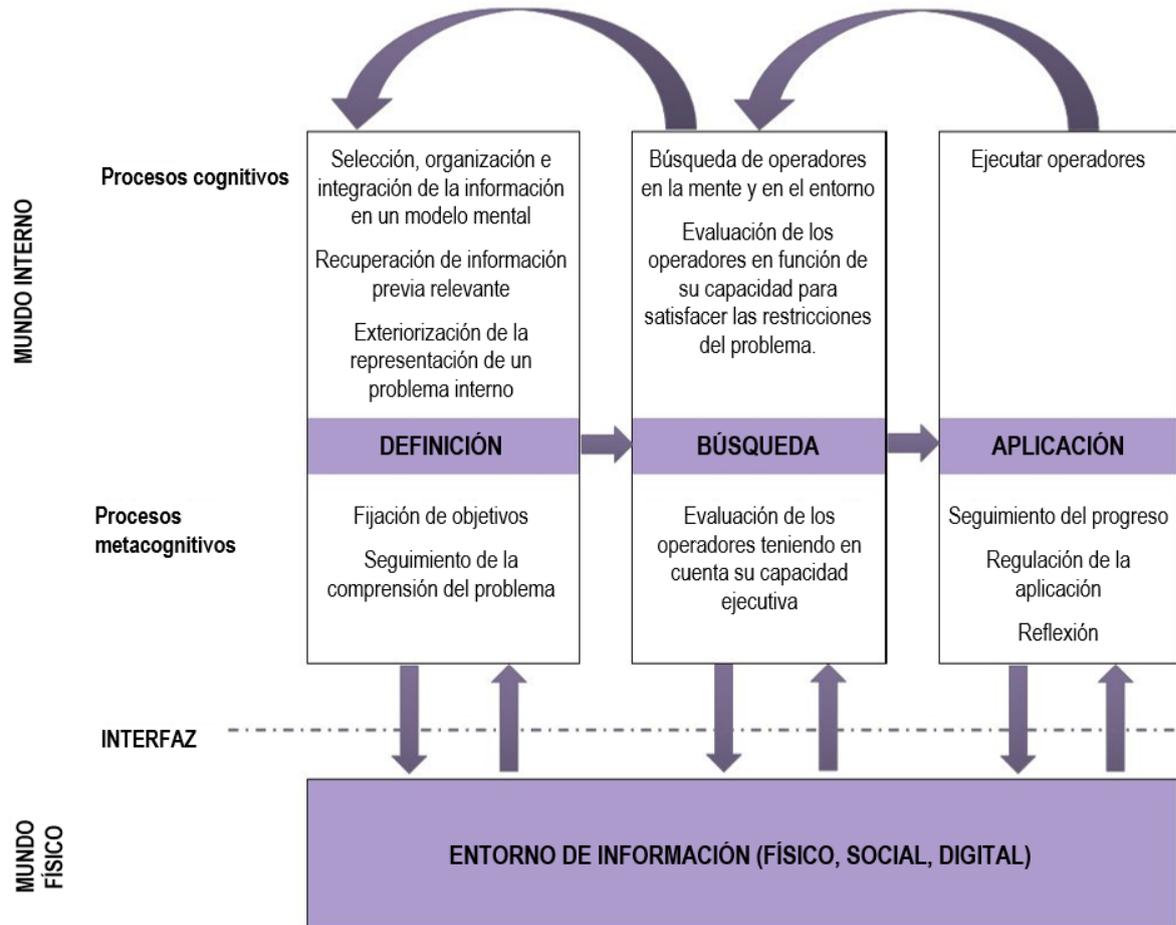
En cuanto a los procesos cognitivos y metacognitivos, se supone que tres etapas cognitivas y metacognitivas distintas, que son la definición del problema, la búsqueda de una solución y su aplicación (segundo panel de la Figura 4.1), intervienen, en distinto grado, en el proceso de resolución de las respectivas tareas problemáticas. Estos procesos cognitivos están intrínsecamente ligados al proceso de resolución de problemas.

La elaboración intencionada de las unidades y las preguntas de la prueba utilizan las dimensiones de la tarea y sus respectivos factores de dificultad, como bloques de construcción con los que desencadenar los correspondientes procesos cognitivos y metacognitivos en las personas que se enfrentan a los problemas. La siguiente sección se centrará directamente en estos procesos importantes, y a menudo entrelazados, que son clave para cualquier tarea de APS.

Procesos cognitivos y metacognitivos en la resolución adaptativa de problemas

Tal y como se indica en la definición de la APS, hay múltiples procesos cognitivos y metacognitivos que la persona que se enfrenta a los problemas tiene que llevar a cabo para llegar a la solución de un problema. Estos procesos pueden organizarse con respecto a tres etapas de la resolución de problemas, a saber, la *definición del problema*, la *búsqueda de información* pertinente para su solución y su *aplicación*. La Figura 4.2 ilustra cómo se conceptualiza la APS según estas etapas (mostradas como recuadros organizados de izquierda a derecha para reflejar el proceso global de resolución adaptativa de problemas) y los procesos integrados en cada etapa.

Figura 4.2. Resolución adaptativa de problemas



Fuente: Adaptado de Greiff et al. (2017, p. 19^[6]).

Seguidamente, definiremos los procesos cognitivos y metacognitivos en cada etapa de la APS desde una perspectiva de evaluación, y los ilustraremos remitiéndonos a las tareas de ejemplo proporcionadas en los Cuadros 4.1 y 4.2. Para cada proceso, estableceremos conexiones con la sección anterior sobre las dimensiones de la tarea para ejemplificar cómo provocan los procesos cognitivos y metacognitivos y los vuelven más o menos complejos para las personas que se enfrentan a los problemas. Se harán pocas referencias a las dimensiones de la tarea (4) y (5), ya que se refieren únicamente al problema en contexto y a la información relevante para su solución; se asume que estas dimensiones de la tarea no tienen una influencia sistemática en la calidad de los procesos cognitivos y metacognitivos que deben llevarse a cabo para resolver un problema, por ejemplo, construir un modelo mental del problema no es básicamente diferente en los problemas de entornos de información físicos o digitales, ni los personales requieren procesos diferentes a los sociales.

La presente sección finaliza con algunas observaciones generales sobre la relación entre el marco conceptual de la APS (Greiff et al., 2017^[6]) y como se consideran los procesos cognitivos y metacognitivos al conceptualizarlos desde una perspectiva de evaluación. Aunque la presente descripción se basa en el marco conceptual, (Greiff et al., 2017^[6]) es necesario introducir algunas modificaciones para tener en cuenta los requisitos y limitaciones específicos del contexto de evaluación.

El resto de esta sección comenzará con la definición de los procesos cognitivos, que se muestra en la parte superior de la Figura 4.2, y luego pasará a los procesos metacognitivos, que se muestra en la parte inferior de la Figura 4.2. Se realiza de esta manera porque los procesos cognitivos, que se refieren al razonamiento sobre el problema y su solución, están implicados en cualquier tipo de resolución de problemas, independientemente de cómo se implementen las dimensiones de la tarea en el problema. Para resolver problemas sencillos, los procesos cognitivos pueden llevarse a cabo sin mucho esfuerzo. Sin embargo, especialmente en los problemas más complejos, estos procesos cognitivos pueden requerir un seguimiento y control que suponen un gran esfuerzo para garantizar que se ejecutan correctamente. Por ejemplo, cualquier cambio de información sobre el problema, como el introducido en la pregunta 2 del ejemplo de *Preparación de la cena*, necesitará que el participante verifique la comprensión de lo que trata el problema y si el plan de solución derivado inicialmente sigue coincidiendo con la configuración actual del problema. En consecuencia, las personas que se enfrentan a los problemas también necesitan aplicar procesos metacognitivos mediante razonamientos sobre la calidad de su propio pensamiento. El Cuadro 4.4 ilustra los procesos cognitivos y metacognitivos necesarios para las dos unidades de ejemplo.

En general, es más probable que los problemas más complejos requieran procesos metacognitivos para poder resolverlos eficazmente, es decir, cuanto más (interactivos) sean los elementos y relaciones que intervienen en la configuración del problema (dimensión de la tarea 1), más dinámico es un problema (dimensión de la tarea 2) y cuanto más rico, desestructurado y menos notorio sea el entorno de información (dimensión de la tarea 3), mayor será la probabilidad de que intervengan procesos metacognitivos. De todas estas dimensiones de la tarea, con sus respectivos factores de dificultad, la dimensión de la tarea 2 (dinámica de la situación) es la que probablemente contribuya en mayor medida a los requisitos metacognitivos en la APS, ya que cualquier cambio en la configuración del problema o en el entorno de la información requiere siempre un seguimiento para saber si el propio razonamiento sigue estando alineado con la nueva situación en evolución y que se modifiquen posiblemente las propias estructuras cognitivas, por ejemplo, el modelo mental del problema o el plan de solución.

Cuadro 4.4. Procesos cognitivos y metacognitivos en las unidades de ejemplo

En primer lugar, habría que definir el problema a nivel cognitivo y metacognitivo. Desde un punto de vista cognitivo, el ejemplo de la *Preparación de la cena* requiere que las personas que se enfrentan a los problemas busquen la información relevante sobre los objetivos navegando por el mapa, los requisitos del problema y, seleccionando, organizando e integrando la información para planificar la ruta más rápida. El ejemplo de la *Bolsa* requiere que las personas que se enfrentan a los problemas organicen e integren mentalmente la información sobre las empresas y sus historiales para planificar la estrategia de inversión más prometedora. Desde un punto de vista metacognitivo, el ejemplo de la *Preparación de la cena* requiere que las personas que se enfrentan a los problemas establezcan otros objetivos, por ejemplo, dirigirse primero al centro educativo y luego a la tienda. Ambos problemas requieren que las personas que se enfrentan a los problemas supervisen la comprensión del problema.

A nivel cognitivo, la segunda etapa del proceso de resolución adaptativa de problemas, para encontrar una solución, implicaría la búsqueda de información relevante en el mapa y en la nota adhesiva del ejemplo de *Preparación de la cena*. Para el ejemplo de la *Bolsa*, implicaría una búsqueda continua de cambios en el planteamiento del problema, el entorno, y un análisis de estos cambios continuos. A nivel metacognitivo, las personas que se enfrentan a los problemas tendrían que evaluar diferentes alternativas para lograr ambos objetivos a tiempo en el ejemplo de la *Preparación de la cena*. En el ejemplo de la *Bolsa*, los participantes tendrían que buscar constantemente las alternativas de

inversión más prometedoras, que se facilitan continuamente en función de los cambios «diarios» de los precios de las empresas.

En la etapa de aplicación de la solución, en ambos ejemplos, los planes se aplicarían para resolver el problema a nivel cognitivo, mientras que, a nivel metacognitivo, se realizaría un seguimiento del avance.

Procesos cognitivos

A continuación, describiremos los diferentes procesos cognitivos, tal como se especifica en la Figura 4.2.

Definición del problema: Construcción de un modelo mental

Para definir un problema, una persona necesita construir un modelo mental del estado de la situación descrito en el problema (Mayer y Wittrock, 2006^[10]; Nathan, Kintsch y Young, 1992^[11]). Este modelo mental contiene información sobre el estado inicial (es decir, la configuración del problema, cf. las dimensiones de la tarea), el estado meta a alcanzar, los operadores lógicos y el conjunto de estados que intervienen para poder pasar del estado inicial al estado meta. Todos estos diferentes estados constituyen el espacio del problema (Klahr, 2002^[12]; Klahr y Dunbar, 1988^[13]; Newell y Simon, 1972^[14]; Vollmeyer, Burns y Holyoak, 1996^[15]). En consecuencia, las preguntas que evalúan la construcción de un modelo mental deben asegurarse de ser precisas y exhaustivas para la comprensión del problema por parte del encuestado. En el marco conceptual (Greiff et al., 2017^[6]) se identificaron tres subprocesos cognitivos que contribuyen a la construcción de un modelo mental (cf. esquina inferior izquierda de la Figura 4.2). A continuación, estos tres subprocesos se introducirán de nuevo y se analizarán desde una perspectiva de evaluación:

- 1) Seleccionar, organizar e integrar la información del problema en el modelo mental.

Para definir el problema, primero hay que *seleccionar la información relevante* sobre el estado inicial del problema. Esto significa que quien se enfrenta a los problemas tendrá que decidir para cada pieza de información disponible si esta es necesaria para comprender la configuración actual del problema. La búsqueda de información debe ser bastante exhaustiva e implicar el uso y la evaluación de múltiples fuentes de información, que se convierten en recursos, una vez analizadas su fiabilidad, pertinencia, adecuación y comprensibilidad. Entonces, la información seleccionada deberá *organizarse e integrarse en una representación mental coherente* que incluya toda la información que se conoce de la configuración del problema.

Cuanta más información y coincidencias (interactivas) contenga un problema, menos destacada será la información sobre el mismo, ya que, por ejemplo, la información irrelevante sobre el problema también se incluye en el planteamiento del problema, la dimensión de la tarea 1, y cuanto más sensible al cambio sea la información del problema a lo largo del tiempo (dimensión de la tarea 2), más difícil será para quien se enfrenta a los problemas seleccionar, organizar e integrar la información sobre el problema en un modelo mental adecuado. En consecuencia, las preguntas pueden variar a lo largo de estas dimensiones para que este proceso cognitivo suponga un desafío, más o menos difícil, para las personas que se enfrentan a los problemas. Las preguntas que evalúan la construcción de un modelo mental deben mostrar si el participante ha tenido en cuenta toda la información relevante para definir el problema y ha ignorado la irrelevante, la cual también estaba incluida en el planteamiento.

Cuadro 4.5. Selección, organización e integración de la información del problema en un modelo mental de las unidades de ejemplo

Si lo ejemplificamos con la unidad *Preparación de la cena*, una posible pregunta podría consistir en un listado de opciones que describan qué información está disponible para resolver el problema, por ejemplo, el tiempo de desplazamiento para llegar a un supermercado, su horario de apertura y la disponibilidad de alimentos orgánicos. A continuación, se pide al quien se enfrenta a los problemas que marque todas las categorías de información sobre las que desea obtener más detalles. En el ejemplo de pregunta 1, solo es importante el tiempo de desplazamiento para la definición del problema y, por lo tanto, no debe marcarse ninguna de las otras opciones. Una pregunta de este tipo proporciona información sobre la precisión en el momento de resolverlos, pero al mismo tiempo aporta información sobre la causa subyacente del fallo en la resolución de problemas, es decir, la incapacidad de quien se enfrenta a los problemas para construir un modelo mental adecuado del problema.

2) Recuperación de información previa relevante

En la resolución de problemas del mundo real, los conocimientos previos pertinentes ayudarán a la persona a distinguir entre la información relevante y la irrelevante, así como a construir un modelo mental coherente. Los recuerdos de actividades anteriores de resolución de problemas constituyen una importante base de conocimiento. Por lo tanto, la personas que se enfrenta a los problemas tiene que activar estos recuerdos de actividades anteriores, algo que se ha demostrado difícil para muchos, que no recuerdan estas actividades en el pasado y no se dan cuenta de que poseen vivencias de gran utilidad (Ross, 1989^[16]). Además, muchos participantes no distinguen entre las características estructurales de un problema, que afectarán a la forma de resolverlo y las características superficiales o contextuales, que son irrelevantes para su resolución (Braithwaite y Goldstone, 2015^[17]; Ross, 1989^[18]). Por lo tanto, activarán pasadas vivencias de problemas que solo se parecen ligeramente al problema en cuestión o construirán una situación que sirva de modelo que se basará en gran medida en información irrelevante, lo que creará confusión para los pasos siguientes en la resolución de problemas.

En consecuencia, la capacidad de una persona que se enfrenta a los problemas de realizar un uso eficaz de sus vivencias y conocimientos pasados es probable que comporte un profundo impacto en el rendimiento en la resolución de problemas del mundo real. Sin embargo, la evaluación de este subproceso en el Ciclo 2 de PIAAC es problemática por varios motivos: Se desconoce qué tipo de conocimiento previo o especializado ya poseen las personas que se enfrentan a los problemas y si se puede evaluar de forma integral. Además, es probable que el conocimiento especializado varíe según los individuos y los países. El objetivo de la evaluación es incluir problemas que sean accesibles para la mayoría de la población, y que, de esta manera, tampoco se confunda la disponibilidad de conocimiento especializado con la capacidad de una persona para resolver problemas. En consecuencia, aunque es imposible que no haya conocimientos previos de los problemas, deben evitarse aquellos en los que se requiere un conocimiento especializado o en los que se presenta conocimiento especializado y que se perciba como una situación que entra en conflicto con lo que ellos saben que se debe evitar.

3) Exteriorización de la representación de un problema interno

Aunque la resolución de problemas es en sí un proceso principalmente interno (Mayer y Wittrock, 2006^[10]), puede beneficiarse en gran medida de la exteriorización de los pensamientos propios. Respecto a la construcción de un modelo de situación, la resolución de problemas se facilita si se realiza *una representación externa de sus características principales*, por ejemplo, con un dibujo o una tabla; (Ainsworth, Prain y Tytler, 2011^[19]; Fischer, Greiff y Funke, 2012^[20]; Zhang, 1997^[21]).

En cuanto a la evaluación, estas exteriorizaciones pueden aportar información importante sobre cómo una persona conceptualiza un problema y sobre sus ideas erróneas o las lagunas de su modelo mental (Lee, Jonassen y Teo, 2011^[22]). Por lo tanto, se sugiere incluir en la evaluación tareas de exteriorización, en las que se pida a las personas que se enfrentan a los problemas que realicen un dibujo o creen una tabla, en la que tendrían que incluir todas las características relevantes y mostrar las relaciones entre ellas. Dado que se les pide explícitamente que realicen tareas de exteriorización, no se puede evaluar su uso espontáneo y, por lo tanto, tampoco el proceso cognitivo subyacente. Estas tareas se recomiendan más bien porque son fundamentales para la evaluación de otra, aunque es fundamental un proceso que contribuya a la construcción de un modelo mental, concretamente, la selección, organización e integración de la información relevante para el problema en un formato en específico. En consecuencia, las mismas dimensiones de la tarea en lo relacionado con la selección, organización e integración de la información del problema repercuten en la dificultad, a partir de la cual se puede exteriorizar una representación mental del problema.

Búsqueda de una solución: Identificación de operadores eficaces

Esta segunda etapa se basa en gran medida en el proceso de construcción del modelo mental al definir el problema (cf. el recuadro central de la Figura 4.2). La solución del problema puede describirse como la serie de pasos necesarios para pasar del estado de inicio al estado de llegada del problema. El proceso de búsqueda de una solución marca la diferencia entre una tarea y un problema. Se desarrolla una tarea si se puede recuperar una solución directamente de la memoria y aplicarla a la situación en cuestión sin esfuerzo y sin introducir modificaciones. Un problema, en cambio, requiere que la persona lo descomponga en componentes, busque una solución entre diferentes alternativas, planifique una secuencia de acciones y, posiblemente, pruebe diferentes formas de alcanzar el estado de llegada (Gick, 1986^[23]). La búsqueda de una solución requiere, por lo tanto, un conocimiento de las estrategias cognitivas sobre los diferentes métodos de solución y las habilidades metacognitivas para manejar este conocimiento (Fischer, Greiff y Funke, 2012^[20]; Mayer y Wittrock, 2006^[10]).

En el marco conceptual se identificaron dos subprocesos cognitivos (Greiff et al., 2017^[6]) para la búsqueda de una solución. A continuación, se introducirán de nuevo estos subprocesos y se analizarán desde una perspectiva de evaluación:

1) Búsqueda de operadores en la mente y en el entorno

Mientras que la búsqueda de información orientada a la definición del problema busca entenderlo con el objetivo de adquirir el mayor conocimiento posible sobre el mismo, la búsqueda durante esta etapa se centra en identificar posibles operadores que ayuden a pasar del estado inicial al estado de llegada —cf. teoría del espacio dual (Klahr y Dunbar, 1988^[13]); véase también (Greiff, Wüstenberg y Avvisati, 2015^[24])—. Los operadores pueden encontrarse en la mente de quien se enfrenta a los problemas, por ejemplo, acciones cognitivas como sumar dos números, o pueden estar situados en el entorno de información. En general, cuanto más compleja sea la configuración del problema y las características del entorno de información (dimensión de la tarea 3), más difícil será la búsqueda de operadores.

Cuadro 4.6. Búsqueda de operadores en las unidades de ejemplo (1)

Por ejemplo, en la unidad de la *Preparación de la cena* hay un operador global que se refiere a coger el coche para ir a hacer la compra y que cuenta con diferentes modelos de ejemplo, en los que las tiendas están dispuestas de forma diferente para cumplir con las restricciones del problema dados los tiempos de desplazamiento facilitados. En el ejemplo de la *Bolsa*, en cambio, hay dos operadores, es decir, la compra y la venta de acciones con varias opciones para comprarlas, lo que hace que este problema sea más difícil que el ejemplo de la *Preparación de la cena* (cf. dimensión de la tarea 1). En cuanto a la complejidad de la configuración del problema, el mapa utilizado en el ejemplo de la *Preparación de la cena* podría no ser tan claro como el presentado anteriormente, ya que podría estar muy desordenado con información innecesaria y ocultar la que sí es relevante para el tiempo de desplazamiento, en cuyo caso la búsqueda de operadores sería mucho más difícil.

Las secuencias de operadores que se determinan antes de ejecutar los pasos hacia la solución conforman los planes de resolución de problemas. En las otras secuencias hablaremos siempre y solamente de operadores, aunque en un problema en concreto pueden combinarse dentro de un plan de resolución de problemas.

La búsqueda de operadores implica el uso de dispositivos, herramientas o informaciones apropiadas, así como la comunicación y la coordinación de las propias actividades con otros participantes —cf. resolución de problemas en colaboración (OCDE, 2017^[8])—. Por lo tanto, los recursos para localizar los operadores pueden situarse en el entorno social, físico o digital. Debido a la evaluación digital que se implementará en el Ciclo 2 de PIAAC, el acceso a los recursos está siempre integrado en una interfaz digital para representar el problema, pero esto no significa que los recursos también fuesen a ser necesariamente digitales en el mundo real.

Cuadro 4.7. Búsqueda de operadores en las unidades de ejemplo (2)

Por ejemplo, en la unidad de la *Preparación de la cena*, el mapa para representar los tiempos de desplazamiento a los diferentes supermercados podría ser también un mapa físico, en cambio, los diagramas que ilustran la dinámica de la *Bolsa* es probable que sean digitales incluso en el mundo real, ya que deben actualizarse en tiempo real.

Dado que las situaciones en las que la ciudadanía del siglo XXI resuelve problemas suelen experimentar cambios con el tiempo (cf. la dimensión de la tarea 2), la APS requiere que actualicen constantemente sus conocimientos sobre operadores.

Cuadro 4.8. Búsqueda de operadores en las unidades de ejemplo (3)

En el segundo ejemplo dinámico de pregunta en el problema de la *Preparación de la cena*, quien se enfrenta al problema recibe un mensaje mientras está en la carretera, donde se le indica que ha habido una fuga de agua en el supermercado designado, lo que requiere un cambio de planes. Del mismo modo, en el segundo ejemplo de pregunta del problema de la *Bolsa* se produce un cambio constante en el rendimiento de las diferentes empresas, que hay que tener en cuenta al comprar o vender acciones.

- 2) Evaluación de los operadores en función de su capacidad para satisfacer las restricciones del problema.

Es posible que durante la búsqueda aparezcan diferentes operadores, pero es probable que no todos sean aceptables, es decir, puede ser que no satisfagan las restricciones, tal como se expresa en la configuración del problema.

Cuadro 4.9. Evaluación de operadores en las unidades de ejemplo (1)

Por ejemplo, aunque los supermercados A y B pueden ofrecer las opciones de comida que se requieren, el A puede tener un horario de apertura que entre en conflicto con el requisito de estar en casa antes de las 10:00. Por lo tanto, para cada operador potencial hay que determinar si es efectivo en principio, es decir, si permite pasar del estado de inicio al estado de llegada y si satisface todas las restricciones.

La evaluación de los operadores se ve dificultada para las personas que se enfrentan a los problemas si hay diferentes operadores potenciales y restricciones a considerar (cf. dimensión de la tarea 1), y también si la información sobre estos operadores se encuentra en un entorno rico y desestructurado (cf. dimensión de la tarea 3). Además, mientras que en los problemas estáticos quien se enfrenta a los problemas puede confiar en la inadecuación de los operadores para la resolución del problema una vez evaluado, en los problemas dinámicos, el participante tiene que evaluar de nuevo y de forma continua si los operadores o las restricciones han cambiado, lo que afecta a la eficacia de la solución.

Cuadro 4.10. Evaluación de operadores en las unidades de ejemplo (2)

Por ejemplo, un supermercado ya no está disponible debido a una fuga de agua o una empresa que antes tenía un buen rendimiento ahora ya no obtiene beneficios, por lo que sus acciones deberían venderse posiblemente en lugar de comprarse (cf. las preguntas de ejemplo dinámico de los dos problemas de muestra).

En la resolución de problemas del mundo real, el subproceso de evaluación de los operadores suele incluir dos aspectos: evaluar si el operador se ajusta a las opciones que se han proporcionado, por ejemplo, ¿la tienda A es más adecuada que la tienda B? y evaluar si el participante es capaz de utilizar el operador. La evaluación previa se refiere a un proceso cognitivo, ya que requiere un razonamiento sobre el problema. Esta última evaluación requiere que las personas que se enfrentan a los problemas consideren sus propios recursos de resolución de problemas o los ficticios, para poder utilizarlos en la aplicación de la solución y abordar así los aspectos metacognitivos. En lo que respecta a la evaluación, estos dos aspectos son difíciles de deslindar en un contexto de resolución de problemas artificial. Por este motivo, se recomienda que las preguntas de esta categoría se codifiquen en ambas dimensiones a efectos de análisis (véase la sección sobre la evaluación de la APS más adelante).

Aplicar la solución: Aplicación de planes y ejecución de operadores

Durante esta tercera etapa, la persona que se enfrenta a los problemas *aplica planes para resolver un problema y ejecuta los operadores especificados* (véase el recuadro derecho de la Figura 4.2). Esta etapa consiste en disponer de conocimientos procedimentales (Mayer y Wittrock, 2006^[10]). La naturaleza de este conocimiento procedimental dependerá de los requisitos del problema y puede, por ejemplo, incluir habilidades en álgebra para resolver ecuaciones, habilidades de razonamiento lógico u otros operadores de dominio específico. En el contexto de simulación de la resolución de problemas para evaluar estas habilidades, el proceso debe limitarse a seleccionar un operador, ya que las personas que se enfrentan a los problemas no realizan realmente ninguna acción, es decir, no van realmente a hacer la compra.

Debemos observar que el marco conceptual (Greiff et al., 2017^[6]) menciona la «predicción del entorno» como si fuera otro subproceso cognitivo relevante para aplicar una solución. Sin embargo, el grupo de expertos coincidió en que este aspecto no estaba bien definido y no podía medirse, por lo que el proceso no se incluirá en la evaluación.

En el Cuadro 4.11 se ofrece un resumen de los procesos cognitivos de la APS y una breve definición.

Cuadro 4.11. Los procesos cognitivos en la resolución adaptativa de problemas en pocas palabras

Definición

- (1) *Selección, organización e integración de la información en un modelo mental*: Construcción de una representación mental del espacio del problema (estado inicial, estado de llegada, operadores permitidos).
- (2) *Recuperación de información previa relevante*: Uso de la memoria para recuperar conocimientos previos (nota: Las tareas de evaluación deberían estar diseñadas para prescindir de este proceso).
- (3) *Exteriorización de la representación del problema interno*: Crear una representación externa, por ejemplo, un dibujo o una tabla que ilustre el modelo mental de las personas que se enfrentan a los problemas para resolverlo.

Búsqueda

- (1) *Búsqueda de operadores en la mente y en el entorno*: Localizar información sobre las opciones de actuación disponibles que pueden ser adecuadas para resolver el problema.
- (2) *Evaluar los operadores según su grado de cumplimiento de las restricciones del problema*: Determinar cuál de las opciones de acción será la mejor para alcanzar el objetivo teniendo

en cuenta todas las posibles restricciones.

Aplicación

- (1) *Aplicación de planes y ejecución de operadores*: Implementar el o los operadores seleccionados para resolver el problema.

Procesos metacognitivos

Como ya se ha mencionado, los procesos metacognitivos también están intrínsecamente supeditados al proceso de resolución de problemas. Sin embargo, estos procesos adquieren mayor importancia en la medida en que estos son más complejos y difíciles de comprender, que los problemas cambian y que el avance hacia la solución se dificulta.

Definición del problema: Establecer objetivos y realizar un seguimiento de la comprensión del problema

Las situaciones de resolución de problemas en la vida real pueden diferenciarse en lo claro que está el objetivo (lo que hay que conseguir) y en si lo único que no se conoce es el camino para alcanzarlo. En concreto, pueden producirse problemas ambiguos en los que primero hay que averiguar el objetivo y, por lo tanto, la dirección que hay que tomar para resolver el problema. Además, especialmente en los problemas complejos, es decir, aquellos cuya solución se compone de múltiples pasos (cf. dimensión de la tarea 1) o que requieren una adaptación a las circunstancias cambiantes debido a su naturaleza dinámica (cf. dimensión de la tarea 2), la persona que se enfrenta a los problemas tiene que evaluar constantemente si la comprensión actual de lo que es el problema sigue coincidiendo con el estado actual de la situación. Por lo tanto, debe realizar un seguimiento de la calidad de los procesos cognitivos relativos a la definición del problema. Dado que la fijación de objetivos y el seguimiento de la comprensión del problema requiere pensar en el estado de uno mismo («¿qué quiero conseguir?») y en las representaciones mentales, en lugar de contemplar el problema, estos procesos son de naturaleza metacognitiva.

En consecuencia, el marco conceptual mencionaba el «establecimiento de objetivos» y el «seguimiento de la comprensión del problema» como dos subprocesos metacognitivos importantes (Greiff et al., 2017^[6]), los cuales se muestran en la parte inferior izquierda de la Figura 4.2. Por las razones que se mencionan a continuación, el marco de evaluación solo tendrá en cuenta este último proceso.

1) Fijación de objetivos

La fijación de objetivos se refiere a la definición de las dimensiones del problema que requieren un cambio y a la identificación de los rasgos que caracterizan el estado que se quiere alcanzar. A diferencia del estado inicial del problema, la definición del estado meta depende fundamentalmente del participante, sus motivos, los recursos de los que dispone y también de los que está dispuesto a utilizar para obtener un resultado favorable. Por lo tanto, la fijación de objetivos requiere una reflexión sobre la cognición y motivación de uno mismo, lo que lo convierte en un proceso metacognitivo.

En la vida real, la fijación de objetivos es un proceso metacognitivo importante cuando se resuelve un problema para un objetivo personal, ya que determina la dirección y es la fuerza motriz motivacional en la que se basan muchas acciones realizadas para resolver el problema. Sin embargo, desde una perspectiva de evaluación, dejar que las personas que se enfrentan a los problemas elijan entre diferentes objetivos impondría inmensos desafíos a la hora de puntuar su rendimiento, ya que las personas que se enfrentan a los problemas diferirían en sus objetivos, que a su vez determinan los pasos hacia la solución que serían apropiados. Por lo tanto, cada objetivo requiere sus propias reglas de puntuación. Además, las personas

que se enfrentan a los problemas pueden incluso fijar objetivos cuyo logro no esté respaldado por el entorno de información disponible en la evaluación. Por estas razones, la fijación de objetivos no se evaluará en las tareas de la APS, ya que estos se entregarán al participante en la descripción de las unidades.

Cuadro 4.12. Fijación de objetivos en las unidades de ejemplo

Por ejemplo, en una situación del mundo real, la persona que se enfrente al problema de la *Preparación de la cena* puede decidir renunciar al objetivo inicial de preparar una cena saludable y conseguir comida para llevar en su lugar; en el problema de la *Bolsa* puede optar entre realizar una apuesta rápida, pero potencialmente arriesgada, u optimizar el beneficio a largo plazo a un nivel medio, pero con menor riesgo.

2) Seguimiento de la comprensión del problema

Una comprensión precisa del estado inicial y meta del problema, es decir, «¿dónde estoy y dónde tengo que estar?» es crucial para todos los pasos posteriores de resolución de problemas. De ahí que los participantes deban realizar un seguimiento para saber si su comprensión del problema es suficiente para encontrarle una solución. Un seguimiento preciso de la comprensión es especialmente importante, ya que determinará si el proceso de definición del problema está bien regulado (Nelson y Narens, 1990^[25]). Por ejemplo, el exceso de confianza en la comprensión propia del problema puede llevar a una conclusión prematura de la búsqueda de información relevante para el problema, mientras que la falta de confianza puede dar lugar a un proceso de construcción ineficaz, en el que la búsqueda de información se prolonga incluso después de haber identificado toda la información relevante. La investigación sobre juicios metacognitivos ha demostrado que muchas personas, especialmente las que tienen pocos conocimientos previos, realizan juicios bastante inexactos sobre su nivel de comprensión y, al efectuarlos, se basan en indicadores inválidos (Bjork, Dunlosky y Kornell, 2013^[26]). En concreto, cuanto más se dificulta el seguimiento, más información hay que tener en cuenta al construir un modelo mental del problema (dimensión de la tarea 1). Además, los problemas dinámicos requieren un seguimiento constante de la comprensión del problema, ya que la configuración del mismo puede verse afectada por las dinámicas (dimensión de la tarea 2).

A diferencia de otros procesos metacognitivos, el seguimiento de la comprensión del problema puede evaluarse con relativa facilidad administrando las preguntas en las que los participantes tienen que indicar si necesitarían información adicional sobre el problema antes de empezar a resolverlo.

Cuadro 4.13. Seguimiento de la comprensión del problema en las unidades de ejemplo

Por ejemplo, en la unidad de la *Preparación de la cena*, solo al realizar una acción, por ejemplo, activar una opción de visualización adicional haciendo clic, se muestra el mapa no solo con las ubicaciones de los supermercados, sino también con la del encuestado, la cual es necesaria para deducir las distancias de conducción. Las personas que se enfrentan a los problemas que realizan esta acción son conscientes de que su comprensión del estado inicial del problema es incompleta y que se necesita más información. Del mismo modo, en las preguntas podrían cuestionar a los encuestados si lo han entendido y, relacionar sus respuestas con su rendimiento real en la comprensión. Lo ideal sería que las preguntas correspondientes fueran formuladas por un agente o

un compañero de resolución de problemas, con lo que la evaluación quedaría integrada en la línea argumental y la evaluación metacognitiva sería menos evidente. En la unidad de ejemplo de la *Preparación de la cena*, por ejemplo, quien se enfrentan a los problemas, para responder a la pregunta de un amigo, puede decirle que ha buscado el horario de apertura del supermercado A, de modo que está listo para ir, sin tener en cuenta que conducir hasta allí le llevaría demasiado tiempo para volver a casa a las 10 de la mañana.

Búsqueda de una solución: Evaluación de los operadores teniendo en cuenta su capacidad ejecutiva

Los operadores deben seleccionarse finalmente según una evaluación integrada de su eficacia y capacidad para satisfacer las restricciones del problema, así como las internas, como la capacidad de la persona que se enfrenta a los problemas para aplicar un operador (véase el recuadro central de la Gráfico 4.2). Dado que estos dos criterios de evaluación son difíciles de separar en un contexto artificial de resolución de problemas, se sugiere codificar las preguntas de esta categoría como si reflejaran tanto los procesos cognitivos como los metacognitivos a efectos de análisis. En consecuencia, la evaluación metacognitiva se ve afectada por las mismas dimensiones de la tarea, en el sentido de que se vuelve más difícil si hay muchos operadores potenciales y muchas restricciones (cf. dimensión de la tarea 1), y también si la información relevante se encuentra en un entorno rico y desestructurado (cf. dimensión de la tarea 3). Además, la necesidad de actualizar constantemente el proceso de evaluación conlleva que los problemas dinámicos sean más complejos (dimensión de la tarea 2).

Cuadro 4.14. Búsqueda de una solución en las unidades de ejemplo

Por ejemplo, para evaluar los procesos de evaluación metacognitiva, en el ejemplo de *la Bolsa*, quien se enfrenta a los problemas podría estar inmerso en una discusión con otro corredor que sugiere dos (o más) planes diferentes que cumplen con las restricciones del problema en diferentes grados. Se puede pedir al encuestado que continúe la discusión al tomar una decisión respecto a las opciones sugeridas y también la razón de esta decisión, por ejemplo, posibles opciones de respuesta: «ambas opciones me parecen buenas». «Decidiré espontáneamente qué acciones comprar»; «Me decantaré por la opción A porque... [razón correcta/incorrecta]»; «No creo que ninguna de las dos opciones funcione porque... [razón correcta/incorrecta]». Una tarea de este tipo requiere que el encuestado reflexione sobre la adecuación de la cognición (plan de solución) más que sobre el problema, por lo que se supone que dicha tarea desencadena principalmente procesos de razonamiento metacognitivo. De nuevo, se introduce un agente para no hacer menos evidente la necesidad de la evaluación metacognitiva y para no desencadenar procesos que, en el mundo real, tendrían que llevarse a cabo de forma espontánea.

Aplicar la solución: Seguimiento de los avances y regulación del proceso de resolución del problema

Al aplicar una solución, las personas que se enfrentan a los problemas deben evaluar si están avanzando hacia el objetivo y/o si, en caso contrario, deben tomar medidas (cf. el recuadro derecho de la Figura 4.2). Especialmente en los problemas dinámicos (dimensión de la tarea 2) pueden producirse cambios en la configuración del problema u obstáculos que pueden afectar a la disponibilidad de los operadores, por lo que es necesario regular el proceso de resolución del problema y modificar los planes existentes para

conducir hacia la consecución del objetivo.

1) Seguimiento del progreso

Cuando se ejecuta una estrategia de resolución de problemas, quien se enfrenta a los problemas necesita realizar un seguimiento constante del grado de avance hacia la resolución del objetivo establecido. Para ello, es importante que el objetivo se haya definido de forma que existan criterios claros para la consecución del objetivo, con los que se pueda evaluar el estado actual del problema. Si se logra alcanzar el estado meta, el proceso de resolución de problemas puede darse por terminado. Sin embargo, el seguimiento suele conducir a la detección e interpretación de eventos inesperados, estancamientos o fallos. Si no se producen avances hacia el estado meta o si los hay, estos son poco notorios, las personas que se enfrentan a los problemas tendrán que identificar los posibles motivos de ello para graduar sus esfuerzos futuros (véase más adelante). Es importante que las preguntas de las pruebas se diseñen de nuevo, de manera que no impliquen la realización de un seguimiento.

Cuadro 4.15. Seguimiento del avance en las unidades de ejemplo

Por ejemplo, una variante del ejemplo de la *Preparación de la cena* podría implicar una tarea más compleja en la que el proceso de resolución de problemas se interrumpe en un punto en el que ya se han alcanzado dos subobjetivos, por ejemplo, realizar la parte A de la compra y recoger al niño. Se podría preguntar a la persona que se enfrenta a los problemas cuáles serían las siguientes opciones. Si decide conducir hasta casa para preparar la cena y, por lo tanto, olvidando que la parte B de la compra en la otra tienda aún no se ha realizado, esto indica un mal seguimiento del proceso. Del mismo modo, en el problema de la *Bolsa* el objetivo podría ser comprar y vender acciones y así, en un momento en concreto, la cuenta de custodia tendrá un valor determinado. Si quien se enfrenta a los problemas deja de interactuar con la simulación antes de haber alcanzado este valor, esto denotaría un mal seguimiento del avance.

2) Regulación de la aplicación de los operadores

El proceso de regular la aplicación de los operadores depende en gran medida del seguimiento del avance (Bjork, Dunlosky y Kornell, 2013^[26]; Nelson y Narens, 1990^[25]). Cuando el seguimiento del avance implica que se ha alcanzado el objetivo, el proceso de aplicación puede darse por terminado. Cuando la resolución de un problema fracasa debido a un plan inadecuado, quien se enfrenta a los problemas tiene que idear un plan modificado o totalmente nuevo, con lo que vuelve a las etapas anteriores del proceso de resolución de problemas. Otra posibilidad es que el plan haya podido ser adecuado, pero que la persona que se enfrenta a los problemas puede que no haya podido llevar a cabo los operadores implicados porque carece de conocimientos procedimentales. En este caso, el plan anterior puede seguir utilizándose para resolver el problema, pero hay que optimizar su ejecución. Por último, puede ser necesario realizar modificaciones debido a cambios en la configuración del problema y sus restricciones (cf. la dimensión de la tarea 2), que el encuestado identificaría si hubiese hecho un buen seguimiento de la comprensión del problema.

Cuadro 4.16. Gradación de la aplicación de operadores en las unidades de ejemplo

En este sentido, en una variante del ejemplo de la *Preparación de la cena* pueden producirse estancamientos durante la ejecución del plan, como por ejemplo que el encuestado se dé cuenta de que la tienda A se ha quedado sin pescado, que es, sin embargo, un ingrediente necesario para la cena. Por el contrario, también podría haber otros productos en la lista de la compra que tampoco están disponibles en este momento, pero que no son necesarios para la cena de ese día. Las preguntas pueden evaluar si las personas que se enfrentan a los problemas en el primer escenario planearán ir a una tienda diferente para buscar allí el ingrediente que falta (opción correcta) o volver a casa en vez de ello. Para las personas que se enfrentan a los problemas, en el segundo escenario, conducir a casa sin desviarse a una segunda tienda es la opción correcta. En el problema de la *Bolsa*, el cambio del ejemplo de pregunta 1 al 2, en el que repentinamente las empresas que antes tenían un buen rendimiento ahora sufren una caída requiere quien se enfrenta al problema se dé cuenta de que estas empresas ya no deben tenerse en cuenta en la compra de acciones.

Como se puede ver, la gradación también requiere la comparación de diferentes soluciones, por lo que este último proceso, que se había mencionado por separado en el marco conceptual, queda incluido.

3) Reflexión

Se ha demostrado que las personas dotadas de habilidades en la resolución de problemas reflexionan sobre sus experiencias y abstraen conocimientos estratégicos que pueden poner en práctica en futuras situaciones de resolución de problemas. Así, se supone que la resolución de problemas deja huellas en la memoria, que pueden utilizarse en el futuro. Este subproceso implica el desarrollo de un principio o conjunto de principios relacionados con la resolución de problemas general. Si bien es un aspecto importante para el desarrollo de la experiencia en la resolución de problemas, es poco probable que esto pueda evaluarse en el contexto de una evaluación a gran escala.

En el Cuadro 4.17 se ofrece un resumen de los procesos metacognitivos en la APS y una breve definición.

Cuadro 4.17. Los procesos metacognitivos en la resolución adaptativa de problemas en pocas palabras

Definición

- (1) *Fijación de objetivos*: Decidir sobre el estado a alcanzar no se puede considerar en las evaluaciones a gran escala porque permitir que las personas que se enfrentan a los problemas estableciesen sus propios objetivos daría una libertad excesiva.
- (2) *Seguimiento de la comprensión del problema*: Supervisar si el modelo mental del problema de uno mismo coincide con el estado actual de la situación.

Búsqueda

- (1) *Evaluar los operadores según su capacidad de ejecución*: Determinar cuál de las opciones de acción será la mejor para alcanzar el objetivo teniendo en cuenta todas las posibles restricciones.

Aplicación

- (1) *Seguimiento del avance*: Determinar si la ejecución de los operadores logra el resultado deseado.
- (2) *Gradación de la aplicación de operadores*: Modificación de la selección de operadores en caso de que la configuración del problema haya cambiado (cf. el seguimiento de la comprensión del problema) o se hayan observado estancamientos (cf. el seguimiento del avance).
- (3) *Reflexión*: Deliberar sobre las propias capacidades para resolver problemas con el objetivo de abstraer conocimientos que puedan aplicarse en el futuro (no puede considerarse en un contexto de evaluación a gran escala porque requiere la confrontación repetida con instancias de resolución de problemas similares).

Conclusiones

En la sección anterior hemos intentado ilustrar los procesos cognitivos y metacognitivos que constituyen el APS remitiéndonos a los ejemplos de preguntas proporcionados en los Cuadros 4.1 y 4.2 para describir cómo se ven afectados por las diferentes características del problema, es decir, las dimensiones de la tarea, descritas anteriormente, y hemos comentado su relevancia y la posibilidad de evaluarlos correctamente en un contexto a gran escala. Los principios generales relativos al diseño y la puntuación de las preguntas para la evaluación de la APS se abordarán en la siguiente sección. Sin embargo, aquí nos gustaría señalar algunas cuestiones importantes que surgen cuando se intenta considerar que los procesos cognitivos y metacognitivos son subyacentes a la APS en una evaluación a gran escala como la PIAAC.

(1) *No todos los procesos son igual de importantes para la APS*. Por ejemplo, una vez construido un modelo mental completo de un problema y se han identificado los operadores adecuados, la aplicación de estos desde una perspectiva cognitiva puede ser solo un detalle de menos importancia. Por otro lado, los procesos metacognitivos durante la última etapa pueden desempeñar un papel fundamental para el éxito de la resolución de problemas, especialmente si el encuestado se enfrenta a estancamientos o la configuración del problema cambia. Por lo tanto, es poco probable que los procesos se distribuyan por igual en los escenarios de evaluación de la resolución de problemas sin distorsionar su distribución de forma natural en la resolución de problemas del mundo real.

(2) *No todos los procesos pueden ser considerados en un contexto de evaluación a gran escala*. Algunos procesos, como la fijación de un objetivo y su gestión durante la resolución del problema, es decir, asegurarse de que se mantiene y se protege contra las distracciones, son muy relevantes desde una perspectiva metacognitiva, en el sentido de que pueden crear barreras sustanciales para las personas que se enfrentan a los problemas. Sin embargo, la situación de realización de pruebas requiere que el objetivo ya esté predefinido para que pueda calificarse inequívocamente como correcta o incorrecta. En consecuencia, algunos procesos, aunque son importantes desde un punto de vista conceptual, no se tienen en cuenta en el marco de evaluación que se analiza.

(3) *No todos los procesos pueden desentrañarse de forma inequívoca en un contexto de evaluación a gran escala*. Algunos procesos son difíciles de separar en una situación de evaluación en la que no se requiere ninguna «acción real». Por ejemplo, la selección de un conjunto de operadores de resolución de problemas y su aplicación parecen ser las mismas en una prueba, donde, por ejemplo, quien se enfrentan a los problemas no necesita realmente seguir la ruta para llegar a una tienda. En consecuencia, en algunos casos se sugiere fusionar los procesos en uno solo, cuando no parece posible separarlos en un contexto de evaluación. Además, en la vida real, los procesos cognitivos y metacognitivos normalmente no se pueden observar directamente y están estrechamente entrelazados entre sí. Por esta razón, en algunos

casos se sugiere idear preguntas que puedan ser puntuadas en ambos sentidos para evidenciar los procesos cognitivos y metacognitivos.

(4) *Es probable que una evaluación explícita de los procesos altere su ocurrencia.* Especialmente los procesos metacognitivos pueden ser a menudo solo implícitos. Por lo tanto, a menudo pueden reflejarse mejor en la facilidad para resolver el problema, por ejemplo, en los tiempos de respuesta, en las elecciones NO realizadas o en los sentimientos de confianza en las decisiones de uno mismo, que en una respuesta calificable a una pregunta explícita. Además, las preguntas explícitas adaptadas a los procesos metacognitivos pueden servir como desencadenantes de estos procesos, que de otro modo no habría llevado a cabo espontáneamente la persona que se enfrenta a los problemas. Por ejemplo, preguntar explícitamente a quien se enfrenta a los problemas si ha comprendido todo el problema, probablemente le hará realizar un seguimiento de la comprensión en esa situación. Sin embargo, la respuesta no será un buen indicador del seguimiento espontáneo. Este problema invade la investigación sobre la metacognición y se invierten muchos esfuerzos para identificar mediciones más implícitas de metacognición. Para el contexto de evaluación se sugiere integrar tanto como sea posible en el argumento del problema las tareas dirigidas a la metacognición del encuestado, de modo que su verdadero propósito permanezca oculto.

Informe sobre la capacidad de resolución adaptativa de problemas

Hasta ahora, hemos descrito las diferentes dimensiones de la tarea que definen una tarea APS y hemos especificado los diversos procesos cognitivos y metacognitivos que forman la base del proceso de resolución de problemas. También hemos explicado cómo se traducen estos procesos en la evaluación real de la APS. En el paso siguiente describimos la manera en que la calidad de la resolución de un problema adaptativo depende de la competencia del encuestado para hacer frente a las diferentes exigencias. Estas son inherentes a las dimensiones *cuantitativas* de la tarea (1) a (3) y a sus respectivos factores de dificultad (véase el panel derecho de la Figura 4.1 y la sección anterior). Sin embargo, las dimensiones de la tarea (4) y (5) son solo de naturaleza *cualitativa* y no contribuyen al proceso real de resolución de problemas.

Más concretamente, que quien se enfrenta a los problemas obtenga una puntuación alta o baja en la APS dependerá de cómo se enfrente a las diferentes configuraciones del problema (dimensión de la tarea 1), a la dinámica de la situación (dimensión de la tarea 2) y a las características del entorno (dimensión de la tarea 3), cuya dificultad viene determinada por los factores de dificultad asumidos (véase en el anexo 4.A. una descripción detallada de los factores de dificultad y cómo conforman la dificultad de un problema). A continuación, diferenciamos a los que obtienen puntuaciones altas de los que obtienen puntuaciones bajas en las tres dimensiones relevantes de la tarea, con el fin de sentar las bases para la especificación de los niveles de competencia asumidos en la APS (véase el panel derecho de la Gráfico 4.1).

Las personas que se enfrentan a los problemas pueden obtener una puntuación baja o alta cuando se enfrentan a diferentes configuraciones del problema (véase la dimensión de la tarea 1). Las bajas y altas puntuaciones mostrarán diferentes niveles de procesos cognitivos y metacognitivos. En cualquier problema adaptativo posible,

Un encuestado con calificaciones bajas:

- integra en su modelo mental solo un número reducido de elementos, relaciones y operaciones;
- accede solo a la información adicional que está disponible y que no requiere que la persona que se enfrenta a los problemas dé pasos adicionales, como pulsar un botón en la interfaz;
- solo entiende los efectos simples, claros, directos y sencillos y, comprende de forma incompleta o incorrecta aquellos problemas que contienen efectos indirectos, o efectos generados por interacciones entre varios elementos;

- identifica los operadores escondidos, es decir, los recursos que no son de fácil acceso y no son fáciles de identificar como tales;
- maneja solo una tarea a la vez, ya que tiene dificultades para manejar varias tareas en paralelo;
- considera solo uno de los objetivos (estados finales) al mismo tiempo para un problema; solo se centra en un único objetivo a la vez; si se dan varios objetivos para el problema, necesita cumplirlos uno tras otro (consecutivamente).

Un encuestado con calificaciones altas:

- manipula mentalmente e integra en su modelo mental un gran número de elementos y las relaciones entre ellos;
- accede a la información que no está disponible de forma inmediata y con facilidad mediante los pasos adicionales necesarios;
- comprende efectos complicados basados en relaciones no lineales y en efectos de interacción entre operadores;
- identifica los recursos y las relaciones escondidas, es decir, que no se definen directamente como tales, sino que permanecen «ocultos» en el contexto;
- maneja múltiples tareas al mismo tiempo, como el control de una serie de efectos hacia un objetivo final; considera varios objetivos al mismo tiempo como, por ejemplo, estados finales del proceso de resolución de problemas, y trabaja para su realización al mismo tiempo (no consecutivamente).

Cuadro 4.18. Dimensión de la tarea 1 de encuestados con puntuaciones bajas y otros con puntuaciones altas en las unidades de ejemplo

Por ejemplo, las personas que se enfrentan a los problemas con bajas puntuaciones en el ejemplo de la *Preparación de la cena* tendrán dificultades para tener en cuenta los distintos elementos del problema, y lo tendrán que comprobar continuamente en las rutas y la nota adhesiva. Intentarán ocuparse solo de una tarea a la vez y tendrán dificultades para manejar posibles objetivos en conflicto. Utilizarán los recursos que están en pantalla, pero si el problema permite usar una calculadora para ayudar a planificar la ruta, puede que ni pulsen el botón necesario para hacer uso de este recurso. En el mismo ejemplo, las personas que se enfrentan a los problemas con mayor puntuación se ocuparán de varios objetivos al mismo tiempo, utilizarán los recursos disponibles en pantalla e identificarán a la vez los recursos que no son de fácil acceso (como la calculadora), y tendrán en cuenta todos los diferentes elementos del problema.

Los encuestados también pueden obtener una puntuación baja o alta cuando se enfrentan a diferentes dinámicas en una situación (cf. la dimensión de la tarea 2). Los que obtengan puntuaciones bajas y los que obtengan puntuaciones altas tendrán diferentes aptitudes para hacer frente a los cambios dinámicos durante el proceso de resolución de problemas. En cualquier problema adaptativo posible,

Un encuestado con calificaciones bajas:

- Uno con una baja puntuación solo identifica algunas de las características cambiantes
- y solo los rasgos más destacados, y puede pasar por alto los que lo son menos;
- reacciona solo a los cambios que son transparentes, por ejemplo, cuando se le indica que algo ha cambiado;
- se basa en el razonamiento sobre la situación actual, tiene dificultades para predecir cambios futuros que están basados en los cambios pasados (o en la información previa);

- construye modelos mentales incompletos o incorrectos del proceso de cambio (para entender cómo y por qué cambian las «cosas»);
- ajusta el modelo mental al cambio de forma incompleta o incorrecta, por ejemplo, tiene dificultades para realizar cambios adecuados en la estrategia de resolución.

Un encuestado con calificaciones altas:

- Uno con una alta puntuación identifica todas las características relevantes que cambian, independientemente de su número, prominencia o transparencia;
- predice los posibles cambios futuros basados en los cambios del pasado (información previa);
- construye un modelo mental del cambio real, pero no solo del problema, es decir, entiende cómo y por qué cambian las cosas, y
- ajusta el modelo mental a los cambios, por ejemplo, cambia la estrategia de resolución si es necesario.

Cuadro 4.19. Dimensión de la tarea 2 de encuestados con puntuaciones bajas y otros con puntuaciones altas en las unidades de ejemplo

Por ejemplo, las personas que se enfrentan a los problemas con baja puntuación en el ejemplo de la *Bolsa* es posible que no identifiquen que los precios de todas las acciones han cambiado. Tendrán dificultades para predecir los cambios futuros de cualquiera de las acciones, y solo podrán predecir cómo variarán estas apoyándose en las que tienen una evolución pasada muy transparente y unívoca. Pueden construir modelos mentales incompletos o incorrectos del problema y su dinámica. En el mismo ejemplo, los que han obtenido una alta puntuación identificarán rápidamente que el cambio tiene lugar en todas las acciones diariamente, predecirán correctamente los cambios futuros basados en las evoluciones anteriores de estas acciones y construirán un modelo mental correcto del problema y su dinámica. Basándose en estas habilidades para realizar un seguimiento constante de la solución del problema y para reaccionar a los cambios, ajustarán fácilmente este modelo mental a cualquier cambio adicional, si se requiere, es decir, se adaptarán a las nuevas circunstancias.

Por último, las personas que se enfrentan a los problemas pueden obtener una puntuación baja o alta cuando se enfrentan a diferentes características del entorno (cf. la dimensión de la tarea 3). Los que obtengan una puntuación baja y los que obtengan una alta, tendrán habilidades diferentes. En cualquier problema adaptativo posible,

Un encuestado con calificaciones bajas:

- un encuestado con baja puntuación trabaja solo con una variable sobre el estado del entorno o con un pequeño número de ellas;
- integra en la conceptualización del problema solo una variable del entorno o un pequeño número de ellas;
- filtra los factores distractores con dificultad y de forma incompleta, por lo tanto, se distrae con información irrelevante y manipula continuamente variables que no tienen efecto alguno.
- También se distrae con el material de fondo, no reconoce los distractores, sigue considerando todo el material, aunque no sea relevante, por ejemplo, lee todas las notas de actualización,

- interactúa con entornos estructurados, pero, a su vez, interactúa ineficazmente (y a veces sin sentido) con entornos desestructurados.

Un encuestado con calificaciones altas:

- Un encuestado con puntuación alta manipula e integra mentalmente en modelos mentales un gran número de variables sobre/del entorno;
- integra «el entorno» (y sus variables) en la conceptualización del problema;
- filtra los factores distractores (información irrelevante);
- se centra en las variables relevantes del entorno, no se distrae con estímulos externos a la tarea o irrelevantes para la misma;
- reconoce el material de fondo que distrae;
- interactúa eficazmente con entornos desestructurados, es decir, estructura el entorno, construye un modelo mental del entorno.

Cuadro 4.20. Dimensión de la tarea 3 de encuestados con puntuaciones bajas y otros con puntuaciones altas en las unidades de ejemplo

Por ejemplo, los estudiantes con baja puntuación en el ejemplo de la *Preparación de la cena* solo integrarán una pequeña cantidad de información disponible en su conceptualización del problema. Se distraerán con información de fondo irrelevante y harán un uso ineficiente del mapa. En el mismo ejemplo, los estudiantes con alta puntuación solo integrarán en su modelo mental del problema una gran cantidad de información relevante. Reconocerán los cambios en el entorno y harán un uso eficaz del mapa, incluso si éste está repleto de información irrelevante.

Las características de las tareas principales descritas y sus factores de dificultad constituyen la base sobre la que se puede describir tanto a los que obtienen puntuaciones altas como los que obtienen bajas puntuaciones en la APS. Sin embargo, la puntuación final de las personas que se enfrentan a los problemas no se puede interpretar directamente, a menos que esté relacionada con su nivel de competencia. Si se utilizan las características de la tarea y los factores de dificultad identificados en el marco, el grupo de expertos definirá los niveles de competencia y explicará lo que significa cada nivel. En otras palabras, ¿cuáles son los componentes específicos de la APS que puede realizar con destreza quien se enfrentan a los problemas con una puntuación alta, pero que no puede realizar uno con una puntuación media, y cuáles son los componentes que realizan los estudiantes con una puntuación media y que no pueden realizar los que tienen una puntuación baja? Además, ¿cuáles son los componentes específicos que se espera que realicen incluso las personas que se enfrentan a los problemas con bajas puntuaciones?

Los niveles de realización definirán el baremo y proporcionarán una forma útil de entender el avance en las habilidades de APS. Estos niveles de competencia están asociados a la destreza de las personas que se enfrentan a los problemas, pero también a la complejidad de las preguntas, es decir, a los componentes específicos de las habilidades de APS que se requieren en cada una de las preguntas, las cuales son cada vez más difíciles. En la Tabla 4.1, presentamos una propuesta preliminar de habilidades de APS, dividida en tres niveles de competencia. Esta propuesta se basa en consideraciones teóricas sobre cómo puede distribuirse la competencia en la población teniendo en cuenta las dimensiones de la tarea, así como los procesos cognitivos y metacognitivos descritos en este marco. Esta propuesta no se basa en datos reales y el análisis de los datos del estudio principal requerirá cambios en el número de niveles, así como en las descripciones específicas de esos niveles dentro del baremo de las habilidades. La tabla contiene cuatro

descripciones para cada nivel de competencia:

- a) una descripción general del nivel de competencia, que puede ayudar a los lectores a comprender con mayor rapidez cada nivel;
- b) una descripción de cómo las personas que se enfrentan a los problemas de ese nivel de competencia específico se enfrentan (es decir, se adaptan) a problemas que cambian dinámicamente, lo cual representa, después de todo, la base de la solución adaptativa de problemas;
- c) una descripción de los distintos procesos cognitivos característicos de ese nivel de competencia;
- d) una descripción de los distintos procesos metacognitivos representativos de ese nivel de competencia.

Tabla 4.1. Descripciones de los tres niveles de competencia de APS propuestos

	Declaración general	Cómo afrontar el dinamismo	Procesos cognitivos	Procesos metacognitivos
1	<p>En el nivel 1, las personas que se enfrentan a los problemas resuelven con éxito problemas sencillos en contextos con cambios menores, lentos, discretos y predecibles.</p> <p>También pueden ser capaces de resolver problemas estáticos, pero no dinámicos, o solo tareas que forman parte de un problema estático o dinámico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los encuestados del nivel 1 se enfrentan adecuadamente a cambios poco frecuentes, discretos o lentos. También se enfrentan adecuadamente a los cambios que se les ha solicitado si son lentos, explícitos, discretos y predecibles. • Pueden percibir QUE se han producido cambios en el entorno del problema, pero pueden necesitar que se les indique CÓMO se han producido estos cambios específicamente. • Integran los cambios pertinentes en su enfoque de resolución de problemas, si es lo indicado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Definen problemas de baja complejidad y poco dinámicos, sobre todo si se les indica su realización y posteriormente, identifican los cambios relevantes en el planteamiento del problema o en el entorno del mismo. Los integran en un modelo mental. • Conciben soluciones parciales o completas a problemas estáticos y reaccionan a los cambios que se presentan en incrementos pequeños y visibles. Adaptan su enfoque para recuperar la información relevante para el objetivo cuando así se les indica. • Adaptan sus estrategias de resolución a los cambios en el planteamiento del problema y en el entorno si estos cambios no son muy complejos y especialmente, si los cambios son visibles o si se les indica la realización de los que son relevantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pueden evaluar con éxito su comprensión del problema para los que son sencillos, especialmente cuando así se les indica. • Pueden ser capaces de realizar un seguimiento de su avance hacia objetivos sencillos. • Si se les indica, pueden establecer submetas para su avance y evaluar alternativas sencillas para elegir entre una de ellas. • Pueden buscar soluciones al problema, pero sin evaluar previamente soluciones alternativas.
2	<p>En el nivel 2, las personas que se enfrentan a los problemas resuelven con éxito problemas de complejidad media en contextos en los que el cambio tiene un impacto, un ritmo y una aleatoriedad estándar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los encuestados del nivel 2 se enfrentan adecuadamente a los cambios de frecuencia y ritmo estándar. • Suelen percibir correctamente el cambio, es decir, identifican QUE algo ha cambiado y CÓMO ha cambiado específicamente, pero pueden necesitar que se les indique aspectos concretos del cambio. • Realizan una distinción entre los cambios que son relevantes y los que son triviales para la situación del problema. • Predicen correctamente el funcionamiento general de cara al futuro de un sistema a partir de la información que han obtenido sobre su funcionamiento en el pasado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Definen con éxito problemas de complejidad y dinámica media, es decir, de ritmo o frecuencia media, y pueden identificar posteriormente los cambios relevantes en el planteamiento del problema o en el entorno. Los integran en un modelo mental de trabajo. • Conciben soluciones para un problema determinado y reaccionan a los cambios que se presentan en incrementos visibles. Adaptan su enfoque para recuperar la información relevante para lograr el objetivo, es decir, la que consideran pertinente. • Adaptan sus estrategias de resolución a los cambios que se producen en el planteamiento del problema y en el entorno si estos cambios son poco complejos o de complejidad estándar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizan un seguimiento de su avance hacia un objetivo. • Buscan soluciones mediante evaluaciones de soluciones alternativas al problema. • Solo reflexionan sobre su estrategia de solución cuando se produce un estancamiento y cuando se ven obligados a adaptarse.

	Declaración general	Cómo afrontar el dinamismo	Procesos cognitivos	Procesos metacognitivos
3	<p>En el nivel 3, las personas que se enfrentan a los problemas resuelven con éxito problemas que se encuentran en contextos del problema de gran complejidad y dinamismo (cambio continuo).</p> <p>Resuelven problemas complejos con múltiples restricciones en su configuración y con características complejas del entorno del problema. Además, adaptan adecuadamente su proceso de resolución de problemas a los cambios altamente dinámicos de estos problemas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los encuestados del nivel 3 se enfrentan adecuadamente a cambios frecuentes e incluso continuos. • Son plenamente conscientes del cambio, es decir, logran identificar los cambios QUE se produjeron en el entorno del problema y CÓMO se produjeron. • Realizan una distinción adecuada entre los cambios que son relevantes y los menos relevantes o incluso triviales para la situación del problema. • Predicen correctamente el funcionamiento futuro de un sistema a partir de la información que han obtenido sobre su funcionamiento en el pasado. Adaptan su funcionamiento en función del cambio que se espera. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pueden definir con éxito problemas altamente dinámicos seleccionando la información relevante tanto del problema como del cambio. Generan un modelo mental correspondiente que describe adecuadamente la situación del problema. • Realizan una búsqueda activa de soluciones a partir de evaluaciones continuas de la información que les proporciona el entorno. Adaptan su enfoque para recuperar continuamente la información relevante para lograr el objetivo. • Adaptan continuamente sus estrategias de solución a los cambios que se producen en el planteamiento del problema y en el entorno. Esta adaptación también es proactiva, ya que prevén los probables cambios en su entorno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizan un seguimiento pertinente de su comprensión del problema y los cambios, así como el avance hacia su objetivo. • Buscan soluciones estableciendo submetas y evaluando soluciones alternativas al problema. • Reflexionan continuamente sobre su enfoque para resolver el problema y pueden superar con éxito un estancamiento mediante la revisión de su estrategia. • Afrontan bien los cambios frecuentes e imprevisibles y adaptan su estrategia de soluciones para avanzar en sus objetivos.

Evaluación de la resolución adaptativa de problemas

En la sección anterior se ha presentado el dominio de la APS y se han definido las dimensiones de la tarea, los factores de dificultad, los procesos cognitivos y metacognitivos implicados en la APS y los niveles de competencia propuestos. Estos elementos definen el marco conceptual general de la APS y constituyen la base para la realización de las unidades de prueba y sus preguntas correspondientes. Garantizar una correspondencia suficiente entre el marco conceptual y el objeto de evaluación de las unidades y las preguntas de la APS es fundamental para elaborar un argumento de validez. Por lo tanto, el objetivo clave para la realización de las pruebas es lograr la mayor cobertura posible de las dimensiones de la tarea y de los procesos de la APS. La evaluación de la APS en el segundo Ciclo de PIAAC hará hincapié en la naturaleza dinámica de las situaciones de resolución de problemas, tal y como se ha definido anteriormente, y presentará a las personas que se enfrentan a los problemas unidades de prueba recién desarrolladas que resulten adecuadas para entornos muy informatizados.

En esta sección se ofrece una visión general de la sujeción de las unidades de la APS a las dimensiones de la tarea descritas en la sección anterior (véase también la Figura 4.1). Se describen también los principios generales de diseño de la prueba y se explica la puntuación y la recopilación de datos más allá de las respuestas a las preguntas, las cuales formarán la base de los diferentes niveles de competencia.

El sostén de la evaluación de la APS en las dimensiones de la tarea

Las unidades APS representarán tareas que están compuestas por múltiples preguntas. En este sentido, una unidad APS contiene los siguientes elementos clave: un estímulo para realizar la tarea, por ejemplo, la introducción a esta, la descripción de las funcionalidades de los elementos interactivos, y múltiples preguntas que requieren que quien se enfrenta a los problemas se adapte a situaciones cambiantes. El diseño de las preguntas dentro de una unidad estará guiado por (1) las dimensiones de la tarea y (2) los procesos cognitivos y metacognitivos, tal y como se ha descrito en las secciones anteriores.

En lo tocante al punto (1), las siguientes cinco dimensiones de la tarea intervienen en el desarrollo de las preguntas de la APS: la configuración del problema, es decir, la configuración inicial del problema y los estados meta, la dinámica de la situación del problema, es decir, el grado en que las situaciones del problema y sus restricciones cambian con el tiempo, las características del entorno, es decir, las características de la información y los recursos relevantes para la construcción, los tipos de fuentes de información (físicas, sociales y digitales) y los contextos (personal, social, comunitario y laboral), tal y como se definen en el primer Ciclo de PIAAC (OCDE, 2012^[41]). Todas y cada una de las unidades se describirán en función de estas cinco dimensiones. Sin embargo, como suponemos que los entornos de información y los contextos de los problemas en la vida real no están distribuidos de forma equitativa (cf. la sección en la que se define la APS) proponemos tratar con proporciones ligeramente diferentes todos los problemas que se encuentran en diferentes entornos y contextos, tal y como se muestra en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Propuesta de distribución de los entornos de información y los contextos problemáticos

Dimensión de la tarea 4: Entorno de información	Dimensión de la tarea 5: Contexto del problema
<ul style="list-style-type: none"> • Físico: 30 % • Social: 35 % • Digital: 35 % 	<ul style="list-style-type: none"> • Personal: 30 % • Laboral: 30 % • Social comunitario: 40 %

En cuanto al punto (2), todas las preguntas de las unidades APS se sitúan en el marco de los procesos cognitivos y metacognitivos. Estos procesos comprenden la definición del problema, la búsqueda de una solución y la aplicación de esta (véase la sección sobre los procesos cognitivos y metacognitivos en la

APS y la Figura 4.2). Para una pregunta concreta se pueden necesitar estos tres procesos, tanto en el aspecto cognitivo como en el metacognitivo. Dado que los procesos cognitivos y metacognitivos están entrelazados, es prácticamente imposible separarlos de forma clara, por ejemplo, en forma de indicadores o puntuaciones empíricamente distintos. En consecuencia, las preguntas de la APS pueden requerir que las personas que se enfrentan a los problemas se impliquen en múltiples procesos en lugar de un único proceso dentro del marco de la APS. Además, para resolver con éxito un problema que está sujeto a cambios en el tiempo, las personas que se enfrentan a los problemas tienen que entender la situación del problema y desarrollar un modelo mental del mismo (Ericsson y Pool, 2016^[27]). Básicamente, los procesos de comprensión del problema constituyen la base de todos los procesos posteriores de búsqueda y aplicación de una solución. Esta dependencia entre los tres procesos de la APS da lugar al anclaje de las preguntas de la APS en múltiples procesos cognitivos o metacognitivos. Sin embargo, para una pregunta determinada, algunos procesos pueden ser más pronunciados que otros y estas preguntas se asignarán a los respectivos procesos dominantes.

La distribución propuesta de los tres procesos principales en el banco de preguntas de la APS se muestra en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Propuesta de distribución de los tres procesos cognitivos y metacognitivos principales

Procesos	Cognición	Metacognición
(1) Definición del problema	Construcción de un modelo mental (30-40 %)	Seguimiento de la comprensión de un problema (30-40 %)
(2) Búsqueda de una solución	Búsqueda de operadores en el entorno del problema (40-50 %)	Evaluación de operadores/planes (40-50 %)
(3) Aplicación de la solución	Aplicación del plan y ejecución de los operadores (20- 30 %)	Seguimiento/regulación del progreso (20-30 %)

Como ya se ha mencionado anteriormente, por razones de equidad y validez de las pruebas debe evitarse la referencia a los conocimientos especializados desde una perspectiva de evaluación. En consecuencia, las preguntas deben diseñarse de manera que la información sobre los operadores se proporcione a través de estas. En este sentido, el ejemplo de la *Bolsa* es probablemente un caso dudoso, ya que la experiencia en la compra y venta de acciones puede ser muy limitada en algunas poblaciones. Para que este escenario sea accesible para las personas que se enfrentan a los problemas se tiene que simplificar en comparación con su equivalente del mundo real.

Diseño de la prueba

Realización de la prueba

Las unidades APS se gestionarán mediante tabletas y permitirán a las personas que se enfrentan a los problemas interactuar con los entornos y la información de los problemas directamente. La realización de la prueba en un entorno tecnológico permite, además, recurrir a situaciones que cambian con el tiempo o que ponen a disposición de la persona que se enfrenta a los problemas nuevas fuentes de información durante el proceso de resolución. Además, en determinadas preguntas y unidades, los datos de los archivos registrados de las acciones especificadas pueden utilizarse para informar sobre el desarrollo de los niveles de competencia de la APS descritos.

Para el estudio principal, la evaluación de la APS se realizará junto con las evaluaciones de competencia matemática y comprensión lectora. A los participantes se les asignará aleatoriamente dos de los tres dominios. Para estas evaluaciones, se prevé un diseño de prueba adaptativa de modo que cada participante no trabaje en todas las preguntas dentro de los respectivos dominios. El procedimiento de pruebas adaptativas se basará en unidades, en función de las dependencias entre las preguntas dentro

de una tarea. Al comienzo de la evaluación, a los participantes se les asignará uno de los tres itinerarios en función de su rendimiento inicial en una prueba de ubicación de sus habilidades en comprensión lectora y competencia matemática. Este diseño combina las pruebas adaptativas con las pruebas multietapa y tiene como objetivo maximizar la información sobre los participantes que se pueda obtener a partir de las evaluaciones (OCDE, 2013^[28]).

Elementos de diseño

El diseño de las unidades y las preguntas de la APS contienen varios elementos que facilitan la evaluación de la resolución *adaptativa* de problemas y garantizan la imparcialidad de la prueba:

- a) *Explicitud del cambio*: En algunas tareas APS, los cambios en la situación del problema no se explicitan, por lo que las personas que se enfrentan a los problemas tendrán que identificar estos cambios. Este elemento de diseño es relevante para el concepto, ya que estimula los procesos metacognitivos de reflexión sobre la situación del problema y los modelos mentales iniciales dados los cambios en el entorno. Sin embargo, este elemento aumenta la dificultad de las preguntas y, por lo tanto, se utiliza muy poco. De hecho, la mayoría de las preguntas de la APS explicitan los cambios en el entorno del problema.
- b) *Elementos de ayuda*: El diseño de las unidades de la APS como una secuencia de preguntas que introducen gradualmente cambios en el entorno del problema puede crear dependencias entre las preguntas. En otras palabras, si quien se enfrenta a los problemas no sale adelante con una pregunta, puede estar en desventaja para resolver las siguientes preguntas. Para evitar este problema y garantizar la comparabilidad de las preguntas entre las personas que se enfrentan a los problemas, las unidades de APS contendrán elementos de ayuda. Estos elementos representan una determinada decisión o solución del problema que se enfrenta a los problemas, y se basan en una pregunta anterior. Sin embargo, estos elementos no evalúan las respuestas reales de las personas que se enfrentan a los problemas en las preguntas anteriores, sino que son totalmente independientes de la corrección de estas respuestas. En este sentido, todas las personas que se enfrentan a los problemas reciben las preguntas con estos elementos de ayuda para garantizar la imparcialidad de la prueba.
- c) *Introducción gradual de cambios*: Al principio de una tarea APS, las personas que se enfrentan a los problemas se encontrarán con un problema estático. Las preguntas siguientes se irán desarrollando gradualmente e introducirán la dinámica de la situación del problema. Estos cambios se explicitan en la mayoría de los casos (véase más arriba) y pueden ser de naturaleza discreta o continua. Las tareas iniciales y estáticas garantizarán que se pueda establecer una medida que constituya la base de referencia para el rendimiento de las personas que se enfrentan a los problemas en preguntas posteriores.

Exigencia de habilidades de comprensión lectora y TIC

Las unidades y las preguntas de APS se diseñarán de forma que el nivel de comprensión lectora necesario para resolver el problema con éxito sea mínimo —véase Greiff et al. (2017^[6])—. Para ello, el material de estímulo y los enunciados de las preguntas se formularán de forma breve y lo más claro posible, excepto cuando la complejidad de los materiales sea relevante para el concepto, por ejemplo, la cantidad de información que distrae en los problemas con mucha información. Además, las unidades APS no se presentarán a las personas que se enfrentan a los problemas solo con texto escrito, sino que también se aportará información en tablas, esquemas, diagramas y simulaciones interactivas para reducir la carga de lectura y aprovechar las ventajas de las representaciones múltiples del material de prueba. Al mismo tiempo, se requerirá un cierto nivel de comprensión lectora para resolver con éxito los problemas,

especialmente para comprender la situación del problema y el material informativo. En la siguiente sección se describe detalladamente cómo se distingue la APS de otras capacidades básicas, más concretamente, la comprensión lectora, la competencia matemática y las TIC.

En relación con este tema, la administración tecnológica de la evaluación de la APS en el segundo Ciclo de PIAAC requerirá habilidades básicas para manejar las TIC. La probabilidad de que las personas que se enfrentan a los problemas cuenten con estas habilidades se determinará en la configuración de la tableta. Hay que tener en cuenta que el nivel requerido de habilidades TIC se mantendrá a la baja, y las unidades APS exigirán principalmente la navegación a través de preguntas, el cambio de dos a tres páginas de información, la selección de opciones de respuesta, la inserción de respuestas breves en cuadros de texto y la manipulación de variables definidas adecuadamente mediante el uso de un número reducido de botones o controles deslizantes. De hecho, los participantes solo tendrán que pulsar sobre una opción con un lápiz óptico o el dedo, utilizar la función de arrastrar y soltar, y resaltar (subrayar) el texto. Para ayudar aún más a las personas que se enfrentan a los problemas a manejarse a través de las unidades APS se proporcionará un tutorial en la tableta al comienzo de la gestión de la prueba de PIAAC. Este tutorial ayuda a los participantes a familiarizarse con las herramientas para navegar por las pruebas. Además, el Ciclo 2 de PIAAC optó por gestionar las pruebas en tabletas para facilitar un manejo intuitivo del entorno de la prueba (OCDE, 2018^[29]).

Factores de dificultad de las preguntas

El objetivo principal de la evaluación de la APS es evaluar la capacidad de las personas que se enfrentan a los problemas para resolver con éxito problemas dinámicos. Para identificar la amplia variación de habilidades en los participantes de 16 a 65 años de PIAAC, las unidades y las preguntas de la APS tendrán que presentar preguntas de dificultad variable. Para ello, las preguntas se distribuirán en función de los factores de dificultad, tal y como se ha descrito detalladamente en este capítulo (véase también la Tabla Anexo 4.A.1.).

Como el segundo Ciclo de PIAAC se centra en el componente adaptativo de la resolución de problemas, la manipulación de la dinámica de la situación del problema es clave para la realización de la pregunta. Al mismo tiempo, los elementos que componen la situación del problema, es decir, su configuración y las características de las fuentes de información, también desempeñan un papel importante en la dificultad de las preguntas. Además, en algunos casos, las instrucciones para resolver un problema no se proporcionan completamente, por ejemplo, cuando las personas que se enfrentan a los problemas interactúan con una simulación y, por lo tanto, adquieren conocimientos sobre sus funcionalidades. Esta característica de diseño es relevante para la medición de la APS, ya que presenta a las personas que se enfrentan a los problemas una situación real y desencadena procesos metacognitivos para desarrollar y perfeccionar un modelo mental sobre dicha situación, en este caso, las funcionalidades de la simulación.

Evaluación de los procesos metacognitivos

Como se ha señalado anteriormente, la metacognición desempeña un papel importante en los procesos de la APS, especialmente cuando las personas que se enfrentan a los problemas realizan un seguimiento de su comprensión del problema, evalúan los operadores y los planes de solución, y supervisan su avance hacia el objetivo. Dado que estos procesos metacognitivos interactúan directamente con los cognitivos durante la resolución de problemas, desligarlos de las mediciones cognitivas supone un reto. Por ejemplo, la evaluación de los recursos y capacidades personales es un aspecto de la metacognición que no puede abordarse en una encuesta como la PIAAC, la cual no informa de los resultados individuales. Además, las preguntas de las pruebas destinadas a explicitar la comprensión de un problema por parte del encuestado al preguntarles «¿En qué medida cree que ha entendido el problema?» parecen artificiales (y pueden carecer de validez aparente) y podrían provocar respuestas de las personas que se enfrentan a los

problemas en las siguientes preguntas o incluso en las unidades.

Para obtener algunas dimensiones de la metacognición, la evaluación de la APS proporciona indicadores implícitos y explícitos que pueden derivarse de las puntuaciones de las preguntas o de los datos del archivo de registro. Por ejemplo, en algunas preguntas de la APS, los datos de los archivos de registro pueden mostrar si quien se enfrenta a los problemas accedió a determinadas fuentes de información, es decir, el comportamiento de navegación. Esta información puede servir como indicador de los procesos metacognitivos para evaluar ciertas fuentes de información durante la «búsqueda de una solución»; en algunos casos, también puede indicar si las personas que se enfrentan a los problemas reconsideran determinadas piezas de información durante la etapa de «aplicación de la solución». En general, el comportamiento de navegación puede indicar ciertas estrategias metacognitivas para resolver el problema.

Junto a estas medidas implícitas, algunas preguntas de la APS evalúan explícitamente la metacognición. Por ejemplo, al final de un proceso de resolución de problemas, se puede requerir a los encuestados que evalúen una determinada solución al problema según criterios predefinidos. Además, se puede requerir a las personas que se enfrentan a los problemas que evalúen determinadas estrategias de resolución de problemas en función de su eficacia y pertinencia. El dominio de estas últimas es un indicador del conocimiento de estrategias metacognitivas de las personas que se enfrentan a los problemas, por ejemplo, Antonietti, Ignazi y Perego, 2000^[30]; Efklides y Vlachopoulos, 2012^[31]. En general, la evaluación de la APS contendrá tanto medidas explícitas como implícitas en metacognición. Sin embargo, dada la naturaleza de los procesos metacognitivos, los retos inherentes a su evaluación y los procesos metacognitivos, a pesar de ser esenciales para la APS, no constituirán el foco principal de la evaluación en sí.

En las dos unidades de ejemplo, los procesos metacognitivos se pudieron rastrear mediante varios enfoques de medición. Estos enfoques se describen a continuación (Cuadro 4.21).

Cuadro 4.21. Evaluación de la metacognición en las unidades de ejemplo

La metacognición en el ejemplo de la *Preparación de la cena* solo se evalúa implícitamente en la segunda pregunta. Se puede evaluar si las personas que se enfrentan a los problemas adaptan su solución inicial en función de la nueva información. La metacognición en el ejemplo de la *Bolsa* no se evalúa explícitamente en esta unidad, pero sí que se evalúa implícitamente. La segunda pregunta requiere que las personas que se enfrentan a los problemas comprendan que la solución eficiente que se ha empleado anteriormente ya no funciona, debido a los cambios en el entorno. Los encuestados tendrán que detectar el estancamiento, comprender el motivo y, por lo tanto, adaptarán las decisiones.

Puntuación de preguntas y captación de datos

Principios generales de puntuación

Cada pregunta de la APS se puntuará según los criterios que definen la precisión en las respuestas. En la mayoría de las preguntas, las respuestas proporcionadas por las personas que se enfrentan a los problemas (por ejemplo, seleccionar una respuesta entre las diferentes opciones, o seleccionar ciertos conjuntos de valores para una serie de variables) se consideran por separado correctas (código: 1) o incorrectas (código: 0). Las respuestas en blanco también se codifican (código: 9). En algunas preguntas, la solución debe cumplir varios criterios, por lo que se pueden permitir créditos parciales. Sin embargo, la puntuación de la pregunta pretende proporcionar puntuaciones que permitan la aplicación con tranquilidad

de modelos de respuesta a las preguntas, por lo que se prefiere una puntuación dicotómica.

Para ejemplificar la puntuación de las preguntas, el Cuadro 4.22 explica cómo se puntúan las respuestas de las personas que se enfrentan a los problemas en las dos unidades de muestra.

Aunque el método de puntuación preferible es dicotomizar el rendimiento de las personas que se enfrentan a los problemas en las preguntas (correcto frente a incorrecto), a veces se pueden permitir créditos parciales en la puntuación. Solo se permitirán créditos parciales si las diferentes puntuaciones representan respuestas o procesos cualitativamente diferentes. Los datos de la prueba práctica se utilizarán para evaluar la idoneidad de la puntuación de créditos parciales para el estudio principal. El criterio fundamental para considerar las puntuaciones de crédito parcial es, por lo tanto, su grado de relevancia.

Tal como se ha señalado anteriormente, los procesos cognitivos y metacognitivos estimulados por las preguntas de APS están entrelazados y, en la mayoría de las unidades de APS, sus indicadores no pueden separarse con claridad. En consecuencia, el incremento del rendimiento de las personas que se enfrentan a los problemas no va a dar lugar a dos dimensiones de la APS distintas, que representen los dos tipos de procesos. En la misma línea, la evaluación de la APS en el segundo Ciclo de PIAAC no pretende distinguir los tres procesos, definir el problema, buscar una solución y aplicarla empíricamente en tres dimensiones de APS correlacionadas. Por lo tanto, lo más probable es que la información de la escala de rendimiento de la APS no siga estos procesos, y dé lugar a una única escala de la APS.

Dada la variación de las preguntas y unidades de la APS en las dimensiones de la tarea, una posible distinción entre las dimensiones puede basarse en las dinámicas de la situación, por ejemplo, las preguntas estáticas frente a las dinámicas o en la inclusión de procesos metacognitivos como, por ejemplo, las preguntas que requieren metacognición frente a las que no la requieren en un grado sustancial. Sin embargo, estas posibles dimensiones no se mostrarán explícitamente desde el punto de vista psicométrico, por ejemplo, en forma de puntuaciones de APS separadas. En cambio, podrán utilizarse para elaborar un argumento válido para la evaluación de la APS.

Cuadro 4.22. Puntuación en las unidades de ejemplo

Preparación de la cena

Primera pregunta: «Planifique la ruta más rápida para lograr estos objetivos. Tenga en cuenta las limitaciones de tiempo.»

Código 1: Ruta desde casa hasta el centro educativo y hasta la tienda A con el código seleccionado

0: *Otras respuestas*

Código 9: *Falta de información*

Segunda pregunta: «Adapte la ruta que ha elegido para cumplir los demás objetivos del día. Tenga en cuenta las limitaciones de tiempo.»

Código 1: Ruta correctamente adaptada desde el centro educativo hasta la tienda A y hasta casa O desde el centro educativo hasta la tienda C y hasta casa código 0: *Otras respuestas*

Código 9: *Falta de información*

Bolsa

Primera pregunta: «Basándose en la información facilitada, ¿qué acciones debería comprar o vender para incrementar al máximo sus oportunidades de obtener mayores beneficios al día siguiente?»

Código 1: La persona que se enfrenta a los problemas utiliza el patrón de inversión adecuado para incrementar al máximo el beneficio Código 0: *Otras respuestas*

Código 9: *Falta de información*

Segunda pregunta: «Basándose en la información facilitada, ¿qué acciones debería comprar o vender para incrementar al máximo sus oportunidades de obtener mayores beneficios al día siguiente?»

Código 1: La persona que se enfrenta a los problemas utiliza el patrón de inversión adecuado para incrementar al máximo el beneficio Código 0: *Otras respuestas*

Código 9: *Falta de información*

Datos del archivo de registro

Aparte de la puntuación de las respuestas de las personas que se enfrentan a los problemas, que estos enviaron justo después de responder una pregunta, los datos del archivo de registro se utilizan para recuperar y evaluar ciertos comportamientos mientras se resuelve un problema. Estos datos pueden incluir la secuencia de acciones, si se seleccionaron o accedieron a determinados elementos del entorno del problema y el tiempo empleado en las tareas. Mientras que estos últimos datos pueden ser útiles para identificar el esfuerzo en la realización de pruebas o respuestas aberrantes (Goldhammer, Martens y Lüdtke, 2017^[32]; Marianti et al., 2014^[33]), los primeros pueden aportar conocimientos sobre la metacognición. Algunos de estos comportamientos pueden incluso ser puntuados.

Por ejemplo, que quien se enfrentan a los problemas utilice o prescinda de una determinada fuente de información, por ejemplo, un hipervínculo a un texto que contiene información relevante, puede ser un indicador de los procesos cognitivos y metacognitivos para buscar información y comprender el problema. Si, de hecho, quien se enfrentan a los problemas no accede a esta información, el éxito en la solución del problema solo puede verse limitado por la falta de información o a una solución resultante que no cumpla totalmente con todos los criterios. Por ejemplo, tener en cuenta la información sobre las restricciones de tiempo en el ejemplo de la *Preparación de la cena* es esencial para el rendimiento de la APS. En este sentido, los datos del archivo de registro ayudan a analizar o a describir el rendimiento de la resolución de problemas dentro de la tarea. En general, los datos de los archivos de registro pueden proporcionar datos que van más allá de la simple corrección de una respuesta a una pregunta para indicar el comportamiento en la realización de las pruebas y, en algunos casos, en los procesos metacognitivos.

La resolución adaptativa de problemas como unión entre conceptos e implicaciones relacionadas en el Ciclo 2 de PIAAC

Hasta aquí hemos descrito la importancia de la APS en el mundo actual cambiante, hemos definido y explicado qué se entiende por APS y hemos introducido las dimensiones fundamentales que conforman un problema adaptativo antes de concretar cómo se puede evaluar la APS. Sin embargo, también es crucial describir teóricamente el rasgo diferencial entre la APS y otras habilidades fundamentales, ya que la APS aborda un conjunto de habilidades cognitivas de orden superior, las cuales están relacionadas con otros dominios, como la comprensión lectora, la competencia matemática o las habilidades digitales. Por ejemplo, la APS suele basarse en representaciones verbales y gráficas que la persona tiene que ser capaz de analizar para recopilar la información necesaria para resolver el problema. El ejemplo de la *Preparación de la cena* presentado en el Cuadro 4.1 incluye instrucciones escritas, un mapa y una nota adhesiva; y el ejemplo de la *Bolsa* (Cuadro 4.2) tiene una serie de tablas y gráficos. Independientemente de su capacidad para resolver el problema de forma adaptativa, las personas que se enfrentan a los problemas tienen que ser capaces de analizar y dar sentido a la información de estas representaciones, que podría decirse que

está relacionada con sus habilidades lectoras.

En la presente sección analizamos la situación de la APS en relación con algunos de estos dominios solapados. Revisamos las similitudes y diferencias entre los dominios y enumeramos una serie de rasgos distintivos que diferencian el APS como concepto. También explicamos la manera en que el diseño de la tarea de la APS pretende reducir la posible influencia de estos dominios relacionados.

Resolución adaptativa de problemas y comprensión lectora

El término «comprensión lectora» (o «lectoescritura») se utiliza a veces en el sentido estricto de «saber leer y escribir». Sin embargo, en los últimos 20 años, la definición se ha ampliado para reflejar las habilidades relacionadas con el uso funcional de los documentos, lo que refleja la creciente omnipresencia de la lectura y la escritura en las sociedades postindustriales (Rouet y Britt, 2017^[34]). A su vez, el uso funcional de un documento suele conllevar formas de razonamiento que equivalen a la resolución de problemas, por ejemplo, tomar una decisión sobre qué producto comprar basándose en dos descripciones de productos competidores. Por lo tanto, es importante aclarar los límites entre la APS y la comprensión lectora.

La comprensión lectora está destinada a solaparse con la mayoría de los ámbitos de evaluación, ya que la mayoría de los procedimientos de evaluación se basan en la comunicación en lenguaje natural. En concreto, sea cual sea el dominio de prueba, los participantes siempre tienen que leer y comprender las instrucciones escritas, las preguntas y los estímulos para demostrar sus capacidades en los respectivos dominios. Completar las tareas de la APS no es una excepción a esta regla, ya que se requiere un nivel mínimo de comprensión lectora para resolver un problema adaptativo. Sin embargo, varias dimensiones contribuyen a hacer de la APS un dominio distinto. Algunas de las principales dimensiones son el tipo de representaciones que se utilizan en los materiales de prueba, el nivel de especificación del problema y la dinámica del entorno (Tabla 4.4).

Tabla 4.4. Evaluaciones de APS y de comprensión lectora del Ciclo 2 de PIAAC

	Evaluación de la APS del Ciclo 2 de PIAAC	Evaluación de la competencia lectora
Tipo de representaciones	Los materiales incluyen representaciones verbales y no verbales, incluyendo gráficos interactivos y dispositivos simulados	Los materiales incluyen textos posiblemente junto con gráficos estáticos
Definición de la tarea	Las tareas pueden estar bien o mal definidas	Las tareas están generalmente bien definidas
Características del entorno de la tarea	El entorno puede cambiar con el tiempo en función de las acciones de las personas que se enfrentan a los problemas u otros factores, es decir, un entorno dinámico.	El entorno es estático

Observaciones: Aquí no están representadas otras dimensiones específicas de la comprensión lectora.

En una evaluación de la competencia lectora, los materiales incluyen por definición textos escritos, a veces con otras representaciones adjuntas, como un gráfico o una imagen. Los materiales incluidos en la evaluación de la APS abarcarán una serie de estímulos, algunos de ellos casi completamente no verbales. Además, las tareas de competencia lectora deben estar bien definidas, mientras que algunas tareas de resolución de problemas se dejan parcialmente implícitas intencionadamente. Por último, en un entorno de competencia lectora se ofrecen uno o varios pasajes de texto que se facilitan al principio y que se mantienen sin cambios durante toda la tarea. Los entornos APS pueden cambiar en función de una serie de factores, entre los que se incluyen las propias acciones de las personas que se enfrentan a los problemas.

Con el fin de maximizar la especificidad de la evaluación de la APS se tendrá cuidado en desarrollar tareas

que no planteen desafíos significativos desde un punto de vista de competencia lectora. Por ejemplo, en aquellas tareas de APS que incluyan textos escritos, estos se limitarán a pasajes cortos y sencillos en combinación con representaciones no verbales. Por ejemplo, la unidad de la *Preparación de la cena* incluye una narración sencilla y una breve lista de lo que se tiene que hacer. El ejemplo de la *Bolsa* no incorpora ningún pasaje de texto extenso. La dificultad de esta unidad estriba claramente en la necesidad de manejar múltiples fuentes dinámicas de información, en su mayor parte no verbal, lo que posiblemente la distingue de una tarea de competencia lectora.

Resolución adaptativa de problemas y uso eficiente de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC)

A lo largo de la segunda mitad del siglo XX, los dispositivos digitales, por ejemplo, servidores, ordenadores de sobremesa, portátiles, iPads y teléfonos inteligentes, se han extendido rápida e intensamente en las sociedades desarrolladas. La capacidad de las personas para manejar estos dispositivos ha tenido un impacto cada vez más importante en su acceso al empleo, la participación cívica y su vida personal en general. Se han realizado numerosos llamamientos para que los gobiernos y otras organizaciones evalúen la capacidad de las personas para utilizar los ordenadores y otros dispositivos relacionados, bajo diversos conceptos que van desde «alfabetización digital» (Eshet-Alkalai, 2004^[35]), hasta «competencia digital» [Ferrari (2013^[36]), por citar solo algunos].

El uso competente de dispositivos digitales implica saber realizar operaciones básicas, como abrir una carpeta, nombrar un archivo o actualizar un programa informático, pero también realizar tareas más complejas, como gestionar un archivo de fotos o de correo electrónico, abordar problemas de compatibilidad del sistema o de las aplicaciones, o ponerse en contacto con un servicio de atención al cliente para obtener información. Las encuestas y evaluaciones que abordan el uso de los ordenadores por parte de los ciudadanos han incluido normalmente tareas con distintos niveles de dificultad.

Los dispositivos digitales se utilizan para realizar una variedad cada vez mayor de tareas, incluidas las no rutinarias. Además, estos dispositivos suelen ser dinámicos e interactivos, lo que ofrece numerosas posibilidades de adaptación. Por lo tanto, es pertinente preguntarse en qué se diferencia la APS de una evaluación de la competencia digital. La Tabla 4.5 destaca dos de estas dimensiones.

Tabla 4.5. APS y competencia digital del Ciclo 2 de PIAAC

	APS del Ciclo 2 de PIAAC	«Competencia digital»¹
Función de los dispositivos digitales en el entorno de las tareas	De ninguna variable a central	Normalmente grandes
Estado de las tareas	Las tareas implican objetivos no triviales	Variedad de tareas, desde las rutinarias hasta las complejas

1. En este caso, la expresión «competencia digital» engloba los diversos conceptos y marcos que han abordado el conocimiento y la destreza de las personas en el uso de los dispositivos digitales.

Fuente: Adaptado de Greiff et al. (2017^[6]).

En primer lugar, algunas tareas de la APS requerirán el uso de dispositivos y aplicaciones digitales, mientras que otras no lo necesitarán. Por ejemplo, la tarea de *Preparación de la cena* utiliza un mapa estático, aunque podría situarse en el contexto de los sistemas de información establecidos, como un editor GPS. El ejemplo de la *Bolsa* también utiliza representaciones sencillas, aunque una aplicación de hoja de cálculo podría ser de cierta utilidad para personas con un alto nivel de competencia digital. Lo ideal sería que los requisitos previos en términos de competencia digital fueran mínimos en una evaluación de la APS.

En segundo lugar, las tareas de la APS implican objetivos no triviales, mientras que las evaluaciones de competencia digital pueden implicar usos tanto rutinarios como no rutinarios. Por ejemplo, En la unidad de

la *Bolsa*, la información sobre dos empresas cambia durante la realización de la tarea, por lo que el encuestado se ve obligado a ajustar sus decisiones de inversión. La exigencia en el uso de las TIC es mínima, aunque la complejidad en cuanto a la gestión del objetivo se espera que sea de intensidad moderada a alta.

Resolución adaptativa de problemas y resolución de problemas en entornos muy tecnológicos

La prevalencia de la resolución de problemas en el uso de las TIC ha impulsado los esfuerzos por comprender lo que pueden realizar o no los participantes cuando se enfrentan a tareas que implican usos no rutinarios de la tecnología. Por lo tanto, la evaluación de las habilidades tradicionales, más concretamente, la comprensión lectora y la competencia matemática se vio complementada con una evaluación de la capacidad de los individuos para utilizar eficazmente las TIC, es decir, PS-TRE; (OCDE, 2012^[4]). El dominio se definió como:

«Utilizar la tecnología digital, las herramientas de comunicación y las redes para adquirir y evaluar información, comunicarse con otros y realizar tareas prácticas». (OCDE, 2012, p. 47^[4])

Dado que la evaluación de la APS también utilizará entornos muy tecnológicos, en los que se integra el problema, es importante comparar también la APS con la evaluación de la resolución de problemas en el primer Ciclo de PIAAC.

El PS-TRE se centró en los usos «no rutinarios» de la tecnología, es decir, aquellos en los que los individuos tienen que establecer objetivos y planes *ad hoc*, acceder y utilizar la información que hay en el ordenador. Por lo tanto, la evaluación del PS-TRE en el primer Ciclo de PIAAC fue una evaluación de las habilidades en la resolución de problemas tal como se aplican en los entornos muy tecnológicos. Los estímulos se presentaron en el contexto de entornos simulados de navegador web, correo electrónico y hoja de cálculo. Las tareas requerían que los participantes accedieran a información relevante para sus necesidades con las herramientas disponibles en las aplicaciones informáticas. En función de la tarea, se disponía de una o varias aplicaciones. Por ejemplo, una tarea puede requerir que los encuestados utilicen un sistema central en línea con la finalidad de gestionar las solicitudes para reservar una sala de reuniones y que envíen correos electrónicos, con la finalidad de rechazar las solicitudes si las reservas no se pueden atender. El entorno solía incluir más información de la necesaria para resolver la tarea.

Por el contrario, la evaluación de la APS en el segundo Ciclo de PIAAC no evaluará sistemáticamente las habilidades de las personas que se enfrentan a los problemas al interactuar con entornos muy tecnológicos. En su lugar, la APS se centra en la capacidad de las personas que se enfrentan a los problemas para adaptarse a condiciones cambiantes, como un cambio en la definición del problema, dificultades inesperadas al tomar el camino que deben seguir hacia la solución, o simplemente un entorno dinámico que cambia de forma más o menos predecible en función del tiempo (véase la sección que define la APS). Se espera que las personas que se enfrentan a los problemas competentes sean capaces de detectar y gestionar esas condiciones cambiantes. Por ejemplo, renunciar a un paso inicial hacia la solución, el retroceso a etapas anteriores del proceso de resolución de problemas, y/o la incorporación de las nuevas condiciones a la estrategia propia para resolver el problema.

En resumen (Tabla 4.6), las tareas de la APS implicarán una cantidad variable de información, y la mayoría de las tareas impondrán una restricción para adaptarse a las condiciones cambiantes.

Tabla 4.6. APS Ciclo 2 PIAAC y PS-TRE Ciclo 1 PIAAC

	APS del Ciclo 2 de PIAAC	PS-TRE Ciclo 1 PIAAC
Cantidad de información presentada y/o requerida para resolver el problema	Variable	Normalmente grandes
Uso de aplicaciones informáticas ¹	Se requiere en algunas tareas; la competencia en el uso no se evalúa	Se requieren en todas las tareas
Necesidad de adaptarse a las condiciones cambiantes	Se requiere en la mayoría de las tareas	Se requiere en algunas tareas

1. Tanto el Ciclo 1 como el 2 de PIAAC utilizan simulaciones de aplicaciones informáticas de uso corriente, como una hoja de cálculo o un navegador web. Las simulaciones suelen contar con una serie limitada de funciones, por ejemplo, una función de clasificación en la hoja de cálculo, las cuales se presentan de forma estándar para maximizar la transferencia desde las aplicaciones de la vida real.

Resumen y conclusión

En esta sección hemos examinado la relación de la APS con tres conceptos y dominios relacionados: la comprensión lectora, la competencia digital y el PS-TRE. Debido a su amplitud y al uso universal del lenguaje escrito para expresar instrucciones y estímulos, los dominios están destinados a solaparse. Sin embargo, hemos enumerado algunos aspectos que diferencian la APS de los otros dominios. Un aspecto es la diversidad de las representaciones utilizadas en el entorno de la resolución de problemas; otro es la naturaleza no trivial y a veces parcialmente implícita de las tareas. Por último, la APS implementa excepcionalmente entornos dinámicos e interactivos.

El dominio de habilidades que se implementa en la APS refleja las necesidades existentes de los individuos, tanto en el lugar de trabajo como en la sociedad en general. En particular, aborda la necesidad de que los individuos se adapten a condiciones que pueden cambiar a buen ritmo y a veces de forma impredecible.

Referencias

- Ainsworth, S., V. Prain and R. Tytler (2011), "Drawing to learn in science", *Science*, Vol. 333/6046, pp. 1096-1097, <http://dx.doi.org/10.1126/science.1204153>. [19]
- Antonietti, A., S. Ignazi and P. Perego (2000), "Metacognitive knowledge about problem-solving methods", *British Journal of Educational Psychology*, Vol. 70/1, pp. 1-16, <http://dx.doi.org/10.1348/000709900157921>. [30]
- Autor, D., F. Levy and R. Murnane (2003), "The skill content of recent technological change: An empirical exploration", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 118/4, pp. 1279-1334, <https://doi.org/10.1162/003355303322552801>. [5]
- Bjork, R., J. Dunlosky and N. Kornell (2013), "Self-regulated learning: Beliefs, techniques, and illusions", *Annual Review of Psychology*, Vol. 64/1, pp. 417-444, <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143823>. [26]
- Braithwaite, D. and R. Goldstone (2015), "Effects of variation and prior knowledge on abstract concept learning", *Cognition and Instruction*, Vol. 33/3, pp. 226-256, <http://dx.doi.org/10.1080/07370008.2015.1067215>. [17]
- Efkliides, A. and S. Vlachopoulos (2012), "Measurement of metacognitive knowledge of self, task, and strategies in mathematics", *European Journal of Psychological Assessment*, Vol. 28/3, pp. 227-239, <https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000145>. [31]
- Ericsson, K. and R. Pool (2016), *Peak: Secrets from the New Science of Expertise*, Eamon Dolan/Houghton Mifflin Harcourt, New York. [27]
- Eshet-Alkalai, Y. (2004), "Digital literacy. A conceptual framework for survival skills in the digital era", *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, Vol. 13/1, pp. 93-106. [35]
- Felstead, A. et al. (2013), *Skills at Work in Britain: First Findings from the Skills and Employment Survey 2012*, Centre for Learning and Life Chances in Knowledge Economies and Societies, Institute of Education, London. [3]
- Ferrari, A. (2013), *DIGCOMP: A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe*, European Commission, Joint Research Center, Institute for Prospective Technological Studies, Seville, <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC83167>. [36]
- Fischer, A., S. Greiff and J. Funke (2012), "The process of solving complex problems", *The Journal of Problem Solving*, Vol. 4/1, pp. 19-42, <http://dx.doi.org/10.7771/1932-6246.1118>. [20]
- Funke, J. (2010), "Complex problem solving: A case for complex cognition?", *Cognitive Processing*, Vol. 11/2, pp. 133-142, <http://dx.doi.org/10.1007/s10339-009-0345-0>. [9]
- Gick, M. (1986), "Problem-solving strategies", *Educational Psychologist*, Vol. 21/1-2, pp. 99-120, <http://dx.doi.org/10.1080/00461520.1986.9653026>. [23]
- Goldhammer, F., T. Martens and O. Lüdtke (2017), "Conditioning factors of test-taking engagement in PIAAC: An exploratory IRT modelling approach considering person and item characteristics", *Large-scale Assessments in Education*, Vol. 5/18, <http://dx.doi.org/10.1186/s40536-017-0051-9>. [32]
- Greiff, S. et al. (2017), "Adaptive problem solving: Moving towards a new assessment domain in the second cycle of PIAAC", *OECD Education Working Papers*, No. 156, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/90fde2f4-en>. [6]

- Greiff, S., S. Wüstenberg and F. Avvisati (2015), "Computer-generated log-file analyses as a window into students' minds? A showcase study based on the PISA2012 assessment of problem solving", *Computers & Education*, Vol. 91, pp. 92- 105, <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2015.10.018>. [24]
- Klahr, D. (2002), *Exploring Science: The Cognition and Development of Discovery Processes*, MIT press, Cambridge. [12]
- Klahr, D. and K. Dunbar (1988), "Dual space search during scientific reasoning", *Cognitive Science*, Vol. 12/1, pp. 1-48, http://dx.doi.org/10.1207/s15516709cog1201_1. [13]
- Lee, C., D. Jonassen and T. Teo (2011), "The role of model building in problem solving and conceptual change", *Interactive Learning Environments*, Vol. 19/3, pp. 247-265, <http://dx.doi.org/10.1080/10494820902850158>. [22]
- Levy, F. and R. Murnane (2006), "Why the changing American economy calls for twenty-first century learning: Answers to educators' questions", *New Directions for Youth Development*, Vol. 2006/110, pp. 53-62, <http://dx.doi.org/10.1002/yd.167>. [1]
- Marianti, S. et al. (2014), "Testing for aberrant behavior in response time modeling", *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, Vol. 39/6, pp. 426-451, <http://dx.doi.org/10.3102/1076998614559412>. [33]
- Mayer, R. and R. Wittrock (2006), "Problem solving", in Alexander, P. and P. Winne (eds.), *Handbook of Educational Psychology, 2nd edition (pp. 287-304)*, Erlbaum, Mahwah, NJ. [10]
- Nathan, M., W. Kintsch and E. Young (1992), "A theory of algebra-word-problem comprehension and its implications for the design of learning environments", *Cognition and Instruction*, Vol. 9/4, pp. 329-389, http://dx.doi.org/10.1207/s1532690xcio904_2. [11]
- National Research Council (2012), *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*, National Academies Press, Washington, DC, <http://dx.doi.org/10.17226/13398>. [2]
- Nelson, T. and L. Narens (1990), "Metamemory: A theoretical framework and new findings", in Bower, G. (ed.), *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, Vol. 26, Academic Press, San Diego, [http://dx.doi.org/10.1016/s0079-7421\(08\)60053-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0079-7421(08)60053-5). [25]
- Newell, A. and H. Simon (1972), *Human Problem Solving*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. [14]
- OECD (2018), *The use of tablets for collecting data in the 2nd cycle of PIAAC. 20th Meeting of the PIAAC Board of Participating Countries, 16-17 April 2018*, OECD Headquarters, OECD, Paris. [29]
- OECD (2017), "PISA 2015 collaborative problem-solving framework", in *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematics, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving*, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264281820-8-en>. [8]
- OECD (2014), *PISA 2012 Results: Creative Problem Solving (Volume V): Students' Skills in Tackling Real-Life Problems*, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264208070-en>. [7]
- OECD (2013), *Technical Report of the Survey of Adult Skills (PIAAC)*, [https://www.oecd.org/skills/piaac/ Technical%20Report_17OCT13.pdf](https://www.oecd.org/skills/piaac/Technical%20Report_17OCT13.pdf). [28]
- OECD (2012), *Literacy, Numeracy and Problem Solving in Technology-Rich Environments: Framework for the OECD Survey of Adult Skills*, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264128859-en>. [4]

- Ross, B. (1989), "Distinguishing types of superficial similarities: Different effects on the access and use of earlier problems", *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 15/3, pp. 456-468, <http://dx.doi.org/10.1037/0278-7393.15.3.456>. [16]
- Ross, B. (1989), "Reminders in learning and instruction", in Vosniadou, S. and A. Ortony (eds.), *Similarity and Analogical Reasoning*, Cambridge University Press, Cambridge, CA. [18]
- Rouet, J. and M. Britt (2017), *Literacy in 2030. Report commissioned by the OECD's Education 2030 project*, OECD, Paris. [34]
- Vollmeyer, R., B. Burns and K. Holyoak (1996), "The Impact of Goal Specificity on Strategy Use and the Acquisition of Problem Structure", *Cognitive Science*, Vol. 20/1, pp. 75-100, http://dx.doi.org/10.1207/s15516709cog2001_3. [15]
- Zhang, J. (1997), "The nature of external representations in problem solving", *Cognitive Science*, Vol. 21/2, pp. 179-217, http://dx.doi.org/10.1207/s15516709cog2102_3. [21]

Anexo 4.A. Descripción de los factores de dificultad

Tabla Anexo 4.A.1. Descripción de los factores de dificultad

(1) Configuración del problema		
Factores de dificultad		Descripción del problema
1a: Número de elementos, relaciones y operaciones	Cuántos elementos debe considerar el encuestado en el contexto del problema. Esto se refiere no solo a los elementos que son relevantes para resolver el problema, sino también al «desorden».	Un problema sencillo estará formado por muy pocos elementos, y todos serán relevantes para la tarea. Por ejemplo: solo un dial y una lectura. Un problema difícil estará formado por un mayor número de elementos relacionados entre ellos y algunos irrelevantes para la tarea. Por ejemplo, cuatro diales y seis paneles de lectura, cuatro de los paneles reaccionan normalmente a los diales, y dos de ellos reaccionan a los efectos de interacción entre los diales. Solo se necesita un dial y un efecto de interacción para resolver el problema; el resto es desorden irrelevante.
1b: Prominencia y accesibilidad de los operadores	¿Qué visibilidad tienen los recursos necesarios para resolver el problema? ¿En qué medida son accesibles en pantalla y, en general, en el entorno del problema?	Un problema sencillo contendrá operadores de fácil acceso desde el principio, dispuestos de forma visible y lógica en la interfaz. En un problema de este tipo, el encuestado no tendrá necesidad de realizar acciones adicionales para acceder a estos elementos. Por ejemplo, si es necesario para resolver el problema, una ventana adicional que muestre el avance hacia las soluciones (en porcentajes) podría aparecer automáticamente o estar disponible en una esquina de la pantalla todo el tiempo. Un problema difícil obligará al encuestado a dar pasos adicionales para acceder a la información o a otro recurso. Un problema de este tipo no tendrá los recursos dispuestos de forma visible (puede que haya que seleccionarlos de un número mayor de recursos, disponibles en una «cesta», o habrá que «invocarlos» en la pantalla pulsando un botón), o los recursos no serán de fácil acceso al principio, sino que habrá que crearlos durante el proceso de resolución de problemas, por ejemplo, en una simulación de química, mezclando sustancias base para obtener un elemento de nivel superior, y algunos de estos pueden utilizarse posteriormente para resolver el problema.
1c: Interacciones entre los elementos del problema	¿Interactúan los elementos manipulables de la interfaz para crear un efecto?	Un problema simple hará que cada botón o dial cree un efecto claro y único en un panel de lectura. Un problema difícil contendrá los elementos manipulables, por ejemplo, botones, diales y palancas, y creará efectos mediante su interacción. Por ejemplo, mientras que cada uno de los dos botones genera una lectura en un panel dedicado, una tercera lectura muestra el resultado a partir de la interacción de esos dos diales, por ejemplo, diales de temperatura y humedad, con una tercera lectura que muestra el tiempo estimado para llevar a cabo un cultivo biológico. O bien, la lectura de cada uno de los diales depende del otro dial, por ejemplo, cuando la temperatura aumenta, la presión también aumenta automáticamente en la lectura de presión, incluso si el dial no funciona.
1d: Número de tareas paralelas y objetivos	¿Cuántos objetivos fija el problema? ¿Cuántas tareas hay que procesar en paralelo para lograr estos objetivos?	Un problema sencillo puede requerir que el encuestado logre un objetivo, por ejemplo, ajustar la temperatura de una incubadora. Si se dan varios objetivos, la persona que se enfrenta a los problemas no está obligado a resolverlos en paralelo, sino uno tras otro (uno a uno, consecutivamente). Por ejemplo, requerirá que quien se enfrente a los problemas solo accione un dial para observar el cambio en el panel de lectura. Un problema difícil puede requerir que el encuestado logre dos o más objetivos independientes. Por ejemplo, ajustar la temperatura y la humedad de una incubadora requeriría que el encuestado pulsara dos botones, o accionara dos diales al mismo tiempo para observar un cambio en la lectura, o lograra uno o varios objetivos en un número máximo de pasos (la economía en la resolución de problemas, es decir, mantenerse por debajo de ese umbral de pasos es un objetivo en sí mismo). El encuestado también tendría que trabajar para conseguir estos objetivos al mismo tiempo (no uno tras otro).

El ejemplo de «Preparación de la cena» es de dificultad media-alta desde este punto de vista. Se requiere al examinador que cumpla dos objetivos al

mismo tiempo (hacer la compra y llevar al niño al centro educativo respectivamente, y volver a recogerlo del colegio), lo que aumenta las exigencias cognitivas y metacognitivas del examinador. Sin embargo, el problema solo tiene un número reducido de lugares a visitar, las rutas que se pueden utilizar son muy destacadas y accesibles para el encuestado en la interfaz, así como el resto de información necesaria.

El ejemplo de la «Bolsa» es de alta dificultad en cuanto a la configuración del problema. Aunque requiere al examinador que cumpla un solo objetivo (alcanzar un determinado nivel de efectivo), el planteamiento inicial del problema contiene un elevado número de elementos: cada cartera diferente tiene un historial de variación que hay que considerar. Por otro lado, todos estos elementos son destacados y de fácil acceso para el examinado.

(2) Dinámica de la situación

Factores de dificultad		Descripción del problema
2a: Número de características que cambian y su relevancia	¿Cuántas características cambian de una iteración a otra? ¿Qué relevancia tiene el cambio de estas características para el proceso de resolución de problemas? El cambio se puede inducir en elementos esenciales o en cuestiones que lo sean menos, o incluso triviales.	<p>Un problema sencillo puede tener solo una característica que cambia de un paso a otro. Por ejemplo, un elemento de la interfaz cambia de posición, o un dial cambia de función, o bien un parámetro, por ejemplo, la temperatura varía de una iteración a otra. Además, un problema simple sufre cambios inducidos en aspectos triviales del problema, los cuales no son esenciales para el proceso de resolución del problema. El cambio es más bien un elemento de distracción en este caso, es decir, la temperatura exterior ha cambiado, pero esta no es relevante para resolver un problema que requiere que quien se enfrenta a los problemas ajuste la luminosidad de una bombilla.</p> <p>Un problema difícil tiene un mayor número de elementos que cambian. Por ejemplo, toda la interfaz se reorganiza y los botones cambian de posición. O un mayor número de botones (¿todos?) cambian de funcionalidad: ahora empiezan a interactuar, o su efecto en las lecturas ya no es lineal, sino exponencial, etc. Además, un problema difícil cambia elementos que son esenciales para la resolución y que el encuestado debe comprender e incluirse en el proceso de resolución de problemas para que tenga éxito. Por ejemplo, si las personas que se enfrentan a los problemas no comprenden el nuevo efecto no lineal de un dial no podrán resolver el problema.</p>
2b: Prominencia del cambio (si algo cambia)	¿El encuestado está motivado con el cambio? ¿El cambio está claro o se evidencia de alguna manera, o está oculto y tiene que descubrirlo el encuestado? Se refiere al SI del cambio (si algo ha cambiado). Cuando el encuestado se ve obligado a realizar un cambio en un elemento, también se puede explicar (o no) la forma particular en que ha cambiado. Se refiere al CÓMO del cambio (en qué sentido ha cambiado algo).	<p>Un problema sencillo manifestará el cambio al encuestado, por ejemplo, indicando que se ha realizado un cambio. Un problema sencillo también explicará a quien que se enfrenta a los problemas lo que ha cambiado exactamente y de qué manera.</p> <p>Un problema difícil no manifestará el cambio; simplemente introduce un nuevo elemento en el problema, el cual puede ser visible desde el principio; pero la aparición del cambio no se indica al encuestado. O puede cambiar la funcionalidad de un elemento de la interfaz, por ejemplo, un botón, pero no se indica que ha cambiado. Un problema difícil tampoco explicará al encuestado cómo han cambiado las cosas. Por ejemplo, la función de un elemento de la interfaz puede haber cambiado, y su efecto sobre la lectura puede dejar de ser lineal para convertirse en curvilíneo.</p>
2c: Frecuencia de cambio	¿Cuál es la frecuencia de cambio? Puede ser iterativo, es decir, poco frecuente, o un cambio «gota a gota», es decir, constante.	<p>Un problema sencillo puede incluir un cambio de baja frecuencia: de una pregunta a otra, o incluso cada 2-3 preguntas se produce algún cambio en el planteamiento del problema. A lo largo de todo un problema con 10 preguntas, tal vez se produzcan 2-3 cambios. No se produce ningún cambio dentro de la pregunta, sino solo de una pregunta a otra.</p> <p>Un problema difícil contiene elementos que cambian constantemente, incluso en una pregunta específica. Por ejemplo, la temperatura fluctúa constantemente y la Holyoake persona que se enfrenta a los problemas tiene que ajustar los diales teniendo en cuenta estas fluctuaciones de temperatura.</p>

(2) Dinámica de la situación

Factores de dificultad		Descripción del problema
2d: Grado de punto muerto	¿Es probable que el cambio provoque un estancamiento?, es decir, ¿el cambio crea realmente otro problema que debe resolverse primero, o complica la resolución del problema inicial? ¿Qué probabilidad hay de que el cambio inducido cierre una vía de solución del problema, que era obvia antes del cambio, es decir, requerirá que el encuestado se lo replantee desde cero?	<p>Un problema sencillo introducirá un cambio que, aunque traiga consigo información complementaria, no inducirá un estancamiento: las vías obvias para resolver el problema antes del cambio siguen siendo las mismas después de este. Por ejemplo, si el encuestado tiene que regular la temperatura de una habitación para poner en funcionamiento un dial, aunque este ya no tenga un efecto lineal, sino exponencial, sigue siendo positivo si se gira el dial hacia la derecha.</p> <p>Un problema difícil inducirá estancamientos, es decir, desviará del curso a la persona que se enfrenta a los problemas, el cual era evidente para la resolución del problema hasta la introducción del cambio. O bien se opondrá a la forma de resolver el problema anterior, (por ejemplo, el mismo botón que el encuestado sabía por la interacción anterior que realizaba algo y que ahora realiza otra cosa), o bien interactuará con la forma en que el encuestado pensaba que iba a resolver el problema, por ejemplo, este trabaja para lograr el objetivo de manera predecible con los recursos actuales, y algunos de aquellos desaparecen después del cambio, por lo que tiene que replantearse el problema.</p>

El ejemplo de «Preparación de la cena» es de baja dificultad desde este punto de vista. La configuración del problema no cambia en absoluto, y solo se manipula un elemento, es decir, una ruta. Se podría introducir más estancamiento en el problema, por ejemplo, haciendo que una tienda se quede sin un ingrediente. Sin embargo, el cambio es definitivamente explícito, transparente e infrecuente en este ejemplo.

El ejemplo de la «Bolsa» es de dificultad media-alta en cuanto a las dinámicas de la situación. El cambio es continuo y frecuente, y se produce en un gran número de elementos (en todas las acciones en las que la persona que se enfrenta a los problemas ha invertido). Sin embargo, el cambio es notorio y explícito. Se podría introducir el estancamiento en preguntas cambiando el patrón con el que varían las distintas acciones de una iteración a otra.

(3) Características del entorno

Factores de dificultad		Descripción del problema
3a: Riqueza de información	¿Cuánta información hay en el planteamiento del problema? Esto incluye elementos relevantes e irrelevantes para resolver el problema.	<p>Un problema simple tiene una serie muy limitada de elementos: prácticamente lo mínimo para definir el problema, sin mucho contexto alrededor y sin información adicional irrelevante. Por ejemplo, se da un dial, una lectura y una descripción básica del fenómeno (digamos, la temperatura de un horno).</p> <p>Un problema difícil contiene un gran número de elementos, algunos de los cuales son necesarios para definir el problema (p. ej., un mayor número de diales y lecturas, una descripción de toda la interfaz y una del contexto y los motivos por los que hay que resolver el problema, una descripción de la historia más amplia en la que se enmarca el problema, etc.). la funcionalidad de la interfaz y la tarea, algunos de los cuales son irrelevantes para el problema, pero enriquecen su entorno (por ejemplo, podrían darse detalles sobre cómo se realizan otras tareas con los mismos recursos básicos, o sobre el estado de otros recursos que no son necesarios para el problema en cuestión).</p>
3b: Proporción de información irrelevante	¿Qué cantidad de «desorden», es decir, de información irrelevante hay en el entorno del problema?	<p>Un problema sencillo no contiene información irrelevante: toda la que se da es relevante para resolver el problema, cada pieza es esencial: si se quita esa pieza, el problema será irresoluble.</p> <p>Un problema difícil tiene una mayor cantidad de información que no es relevante para resolver el problema. Si se prescindiera de esa pieza de información, el problema sería igual de fácil de resolver. Dicha información no contribuye a resolver el problema, sino que es un factor de distracción y supone un reto para el encuestado, ya que tiene que discernir también lo que es relevante y esencial de lo que no lo es.</p>

(3) Características del entorno

Factores de dificultad		Descripción del problema
3c: (Falta de) Estructura del entorno	¿Cómo está estructurado el entorno?	<p>Un problema sencillo tiene lugar en un entorno bien estructurado. Los entornos bien estructurados deben presentar una estructura intuitiva y sencilla con un número reducido de categorías claramente etiquetadas y definidas. Los datos pueden presentarse en tablas o gráficos claros, bien agrupados y estructurados.</p> <p>Un problema difícil tiene lugar en un entorno desestructurado. El entorno puede haber sido «estructurado» por el encuestado, es decir, éste podría estructurar la información disponible en categorías lógicas, pero la información no se presenta de esta forma tan estructurada. Los entornos desestructurados contienen, en principio, varias categorías, por ejemplo, datos procedentes de varias fuentes relativos a varios fenómenos y sus datos se proporcionan de forma narrativa y se intercalan entre sí, de modo que no se aprecia ninguna estructura a primera vista. La estructuración de la información es una de las tareas a las que se enfrentará el encuestado para resolver el problema.</p>
3d: Número de fuentes de información	¿De cuántas fuentes procede la información? Pueden ser el propio planteamiento del problema (introducción), el proceso de resolución en sí, el sistema con sus distintos botones, los paneles de ayuda, etc.	<p>Un problema sencillo solo tiene una fuente de información: la descripción del problema. La persona que se enfrenta a los problemas no dispone de ninguna otra información.</p> <p>Un problema difícil tiene un mayor número de fuentes de información. La información básica procederá del planteamiento del problema, pero estarán disponibles otras fuentes de información. Podría tratarse de botones adicionales, por ejemplo, un botón de ayuda, uno de «leer el historial», una «búsqueda en Google» simulada o un «botón de Wikipedia» simulado, etc. El propio proceso de resolución de problemas podría proporcionar información continua y retroacción de la tarea, especialmente para las más complejas. Podría aparecer un narrador para proporcionar información extra, o incluso varios que aportaran información proveniente de otras áreas.</p>

El ejemplo de «Preparación de la cena» es de dificultad baja-media desde este punto de vista. El entorno no es extremadamente rico, no ofrece mucha información más allá de la absolutamente necesaria para resolver el problema (las rutas, las tiendas, la lista de la compra). No se presenta información irrelevante, no hay fuentes de información separadas y el entorno, tal como es, está estructurado.

El ejemplo de la «Bolsa» también es de baja dificultad en cuanto a las características del entorno: no se presenta en el entorno información adicional más allá del problema real.

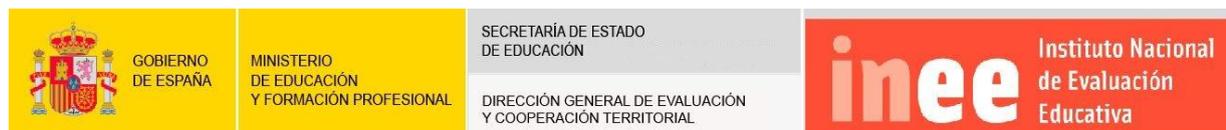
Estudios de la OCDE sobre habilidades

Marcos de evaluación para el Ciclo 2 del Programa Internacional para la Evaluación de las Competencias de la Población Adulta (PIAAC)

El Programa para la Evaluación Internacional de las Competencias de la población Adulta (PIAAC) de la OCDE representa una amplia evaluación comparativa internacional de las habilidades en el procesamiento de la información de la población adulta, las cuales son esenciales para la plena participación en la vida social y económica del siglo XXI. PIAAC se encuentra ahora en su segundo Ciclo y continúa con una serie de evaluaciones internacionales de las habilidades de las personas adultas, que inició a mediados de los años 90 con la Encuesta Internacional de Alfabetización de Adultos (IALS).

Los marcos de evaluación para el Ciclo 2 de PIAAC proporcionan una base esencial para comprender las habilidades evaluadas en la evaluación de PIAAC y para interpretar los resultados del estudio. Los marcos de evaluación definen y describen las habilidades que se evalúan en el estudio, es decir la comprensión lectora, la competencia matemática y la resolución de problemas, y exponen las características clave de evaluación de estas habilidades. Además, se explica la relación entre el Ciclo 2 de PIAAC y las evaluaciones anteriores de estas habilidades en la población adulta. También se ofrece una visión general de los cambios que se han producido en la conceptualización de estas habilidades en las diferentes evaluaciones internacionales de habilidades de las personas adultas que se han llevado a cabo en las dos últimas décadas.

Esta traducción no ha sido realizada por la OCDE y, por lo tanto, no se considera una traducción oficial de la OCDE. La calidad de la traducción y su coherencia con el texto original de la obra son responsabilidad exclusiva del autor o autores de la traducción. En caso de discrepancia entre la obra original y la traducción, solo se considerará válido el texto de la obra original.



Ministerio de Educación y Formación Profesional
Paseo del Prado, 28 . 28014 Madrid . España
INEE en blog: <http://blog.intef.es/inee> | INEE en Twitter: @educalNEE
Web: <https://www.educacionyfp.gob.es/inee/portada.html>
NIPO (IBD): 847-21-244-8 NIPO (línea): 847-21-245-3

