

CONSIDERACIONES PRELIMINARES PARA LA DEFINICIÓN DE NUEVAS COMPETENCIAS MATEMÁTICAS DIGITALES EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

PRELIMINARY CONSIDERATIONS FOR THE DEFINITION OF NEW DIGITAL MATHEMATICAL COMPETENCIES IN ENGINEERING STUDENTS

N. Rigaud Téllez¹
R. Blanco Bautista²

RESUMEN

La pandemia originada por el COVID-19 trajo al sistema educativo, algunos cambios muy importantes en la manera de impartir cursos de matemáticas, amén de otras materias. La tradicional forma presencial se tuvo que modificar y ahora se incorporan herramientas digitales al entorno educativo formal. El proceso de enseñanza aprendizaje de las matemáticas se apoya en las competencias propias de esta para alcanzar el nivel de evaluación correspondiente. Esto es por el lado matemático, pero por el lado de las herramientas digitales, también existen una serie de competencias propias de las mismas. El objetivo es definir habilidades matemáticas en presencia de competencias digitales que les permitan a estudiantes desenvolverse exitosamente en el avance de sus carreras profesionales, y sean un soporte para adaptarse al entorno social, flexible y complejo que demanda el futuro. Se analizaron marcos de referencia para matemáticas y competencias digitales, se realizó un diseño estadístico, asimismo, una consulta a expertos en educación matemática, científica y tecnológica. Se generó un enmarque de un nuevo tipo de competencias matemáticas digitales que proporcionan un soporte sólido para el aprendizaje de estudiantes de ingeniería quienes han crecido con la tecnología.

ABSTRACT

The pandemic caused by COVID-19 brought some very important changes to the educational system in the way mathematics courses are taught, in addition to other subjects. The traditional face-to-face education model changed, and now digital tools are incorporated into the formal educational environment. The teaching-learning process of mathematics is supported by their own competences to reach the corresponding evaluation level. This is on the mathematical side, but on the side of digital tools, there are also a series of skills specific to them. The objective is to define mathematical skills in the presence of digital skills that allow students to successfully advance their professional careers, also to support the adaptation to flexible and complex social environment that the future demands. Reference frameworks for mathematics and digital skills were analyzed, a statistical design was carried out, as well as a consultation with experts in mathematical, science, and technological education. A framework of a new type of digital mathematical competences was generated that provides a solid support for the learning of engineering students who have grown up with technology.

ANTECEDENTES

La pandemia del COVID-19 forzó a maestros alrededor del mundo a hacer un cambio repentino de la enseñanza presencial a la de línea. Se aceleró la transformación digital del mundo universitario, requiriendo que, tanto el cuerpo docente, como el estudiantil, se adaptasen a nuevas circunstancias educativas. Los mecanismos para impartir clases remotas mejoraron conforme las universidades adoptaron nuevas tecnologías y prácticas.

¹ Profesora de la Facultad de Estudios Superiores Aragón. UNAM, nerigaud@unam.mx

² Profesor de la Facultad de Estudios Superiores Aragón. UNAM, robertoblancobautista@gmail.com

En ese tiempo, por ejemplo, en matemáticas, la digitalización no solo complementó la enseñanza, sino también el aprendizaje estuvo basado en un ambiente digital y formas previas de enseñanza presencial cambiaron a enfoques en línea o híbridos. Los profesores se encontraron con el complejo desafío de reconsiderar cómo el uso del internet y dispositivos digitales transformaron el aula de matemáticas, para el aprendizaje y motivación del estudiante, como lo mencionan Rosas *et al.* (2021).

Asimismo, sistemas educativos preocupados por cultivar talentos, determinaron que las competencias son críticas para el progreso de carreras de ingeniería, en donde se espera del estudiante domine conocimiento y habilidades interdisciplinarios dentro de los campos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas para adaptarse al entorno, para lo cual hicieron intentos por precisar habilidades de comunicación, pensamiento crítico y capacidad de resolución de problemas.

Sin embargo, a pesar de ser evidente la interacción entre las competencias matemáticas y digitales, esto no necesariamente está bien articulado en marcos educativos de competencias. Las descripciones de competencias digitales son muy genéricas, y los marcos de educación matemática se orientan al desarrollo de conocimiento matemático, pero no se clarifica un uso efectivo de ambientes digitales en el proceso de aprendizaje de matemáticas, lo cual ha llevado a lo siguiente:

(1) A nivel docente, radica en dificultades para el diseño de actividades de enseñanza y la elección de estrategias de instrucción no siempre apropiadas para integrar el conocimiento de matemáticas en correspondencia con competencias digitales. Consecuentemente, para el docente representa en la falta de interacción y dificultades para desarrollar habilidades cognitivas, por ende, pone en duda la calidad y efectividad del aprendizaje de matemáticas bajo las modalidades en línea o híbrida.

(2) A nivel estudiantil, se estima en que estos requerirán diferentes tipos de habilidades y conocimiento interdisciplinario inmerso en asignaturas matemáticas, pero se reconoce parcialmente que, para estos, los conceptos matemáticos son casi inseparables de herramientas digitales, así que, para ellos, no son conceptos matemáticos o tecnologías digitales, sino *competencias matemáticas digitales*. Desafortunadamente, no logran vislumbrar su actuación apropiada en situaciones que involucren cierto tipo de retos matemáticos.

La situación problema se encuentra en la falta de identificación de la combinación de competencias matemáticas-digitales, lo cual pudiera enriquecer la experiencia de aprendizaje matemático.

Este estudio representa un intento por explorar suposiciones fundamentales acerca de la enseñanza y aprendizaje de matemáticas en presencia de tecnologías digitales. La investigación tiene el objetivo de definir, en una primera aproximación, habilidades matemáticas en presencia de competencias digitales que les permitan a estudiantes desenvolverse exitosamente en el avance de sus carreras profesionales, más aún, sean un soporte para adaptarse al entorno social, flexible y complejo que demanda el futuro.

La pregunta de investigación es ¿cómo se podría comprender el concepto de competencias matemáticas-digitales para estudiantes de ingeniería y cuáles podrían ser algunas de ellas?

Específicamente, a principios del 2021 se identificaron 43 competencias matemáticas que pueden responder a modalidades educativas mediadas por tecnologías. Para ello, primero, se revisó literatura especializada sobre el tema. Se identificaron marcos de competencia que están definidas desde perspectivas únicas. Se aplicó una encuesta a una muestra de 55 docentes de matemáticas de una universidad pública en el Estado de México, que tiene cinco carreras de ingeniería. Posteriormente, se trabajó con ocho perfiles de matemáticos y expertos en educación científica y tecnológica que identificaron competencias matemáticas digitales, tomando en cuenta ámbitos de ciencias de la ingeniería e ingeniería aplicada.

El alcance del estudio se encuentra en que este análisis se realizó con una muestra de un público deliberado, no aleatorio. Los resultados revelaron un enmarque de competencias cognitivas de matemáticas, y de alfabetización y fluidez digital, que fundamentan metas para un currículo, proporcionan dirección para el contenido, enseñanza y evaluación, más aún, proporcionan bases de diseño de prácticas innovadoras de enseñanza y evaluación, las cuales abren camino en el aula y dan forma al aprendizaje de estudiantes de ingeniería que han crecido con la tecnología.

METODOLOGÍA

En el apartado se presenta el marco teórico que ubica dos conceptos: Competencia matemática y competencia digital, que sirve como fundamento para identificar una taxonomía integrada de ambas competencias.

Competencias matemáticas- Una competencia consiste en la integración de conocimientos, habilidades y actitudes que pueden ser usadas para desarrollar una tarea profesional exitosamente. Kilpatrick (2014) indica que aprender matemáticas debe ir más allá de adquirir un conjunto de hechos, y hacer matemáticas debe ir más allá de resolver procedimientos.

Con base en lo anterior, existen estructuras, de acuerdo con lo que indican Hollebrands *et al.* (2021), se encuentra la generada por el Consejo Nacional de Profesores de Matemáticas, así también, se encuentra la estructura de Singapur (Schaffer, 2009) y la estructura Proyecto Danés de Matemáticas (KOM) (Niss & Højgaard, 2002).

Por ejemplo, para la estructura KOM, Niss y Højgaard (2002, pág. 9) definen que competencia matemática es "... preparación bien informada para actuar apropiadamente en situaciones que involucran cierto tipo de reto matemático...".

Los marcos de referencia matemáticos buscan demostrar que el usuario adquiera niveles de aptitud. De ahí que, organismos como la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) las emplean como fundamento para realizar evaluaciones, tal es el caso de las pruebas Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (PISA) y el Programa para la Evaluación Internacional de las Competencias de Adultos (PIAAC) (OECD, 2022).

Asimismo, las estructuras representan modos epistémicos de razonamiento, bajo una perspectiva de habilidades técnicas, y aunque definen ubicaciones tecnológicas, la parte digital queda más bien ubicada como una condición técnica, más que saber cuándo y por qué usar tecnologías digitales para realizar alguna tarea.

Competencias digitales- Existen muchas descripciones para referirse a las competencias digitales, en donde estas se enfocan en tratar con condiciones técnicas. Competencia digital y alfabetización digital tienen un alcance más amplio; enfatizan qué tipos de habilidades, niveles de conocimiento y reflexiones críticas, los estudiantes son capaces de decidir y utilizar.

A principios del 2005, el concepto de competencias digitales fue propuesto por la Comunidad Europea, como una de las 8 competencias de aprendizaje, referidas al uso de computadoras para almacenar, procesar información, y para trabajar en redes colaborativas.

Posteriormente, la definición de competencia digital incluyó la creación de contenido, seguridad y solución de problemas. En el 2012 se acuña que una competencia digital es un conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que se requieren cuando se usan Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) y medios digitales para desempeñar tareas, resolver problemas, comunicar, manejar información, colaborar, crear y compartir contenido y construir conocimiento efectivamente, lo cual incluye el uso crítico y creativo.

Así como en la competencia matemática existen estructuras de conocimiento, lo mismo ocurre con la competencia digital. Dentro de los marcos de competencia digital, se encuentran la estructura de Conocimiento Tecnológico, Pedagógico y de Contenido (TPACK), la generada por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), el modelo Aumento, Modificación y Redefinición (SAMR) y los estándares de la Sociedad Internacional de Tecnología en Educación (ISTE) (Ferrari, 2013).

Estos marcos pretenden determinar si el usuario es capaz de saber cuándo y por qué son apropiadas y útiles tecnologías digitales, para una determinada tarea, pero también, de valorar el pensamiento crítico sobre oportunidades y retos que ofrecen las tecnologías digitales.

En este sentido, se enfocan aspectos técnicos y operativos de las TIC, así como habilidades de información, específicamente, para saber cómo usar dispositivos y software, trabajar y evaluar información.

Como implicación, los marcos de referencia definen la matemática y la competencia digital desde una perspectiva única. Sin embargo, en el aula, sí se pone en práctica la combinación de conocimiento matemático y digital para mejorar la comprensión y ejecutar efectivamente una actividad. Por ejemplo, en Geometría Analítica se usa una combinación de competencias para el favorecimiento de la comprensión de conocimiento matemático, mediado por tecnologías digitales, con Geogebra u otros programas. Otro ejemplo, se encuentra con Métodos Numéricos, se favorece una perspectiva de fluidez tecnológica y matemática que coadyuva al pensamiento computacional y que permite la ejecución efectiva de una actividad en un ambiente digital.

Diseño de la investigación- Con base en los marcos de referencia matemáticos y digitales, se generó un diseño experimental, como se muestra en la Figura 1. En la Figura 1, el estudio estadístico tuvo el propósito exploratorio de:

- (1) Conocer la experiencia y opinión de académicos de ciencias básicas que imparten asignaturas de matemáticas y su visión hacia tecnologías digitales.
- (2) Lograr una jerarquía de competencias asociadas a matemáticas aplicadas (mejor valorados por docentes).



Figura 1. Estructura del diseño de la investigación

La encuesta se construyó con puntuaciones de una escala Likert y respuestas individuales independientes. Con el fin de conseguir una mayor objetividad, los ítems fueron valorados por un panel de tres especialistas, los cuales revisaron que estos estuviesen redactados en forma positiva (para evitar aquiescencia) y el contenido matemático estuviese alineado a la educación matemática a nivel superior. Para la obtención de la muestra se consideró la siguiente fórmula $n = \frac{t_{\alpha}^2 s^2}{e^2}$.

La obtención de la muestra n , tomó en cuenta una distribución t , ya que se desconoce la desviación estándar de la población s , que representa la desviación estándar de la muestra, y con una confianza del 95%, el error e , es relativo a los resultados de la encuesta. Las variables de entrada fueron:

- + Sexo
- + Rango de edad
- + Área disciplinar, ciencias básicas, ciencias de la ingeniería e ingeniería aplicada

Las variables de estado fueron las percepciones hacia la educación a distancia sobre las competencias de:

- + Alineación/coordiación entre pedagogía y tecnología
- + Favorecimiento de tiempo para el debate/discusión
- + Creación, organización e impartición de contenido online
- + Solución problemas técnicos
- + Conocimiento de continuos avances tecnológicos
- + Flexibilidad, organización del tiempo y espacio de forma independiente
- + Personalización, adecuación de distintos recursos (video, texto, juegos, plataformas, software...)
- + Aprendizaje autogestivo
- + Capacidad para cubrir más contenido en menos tiempo

RESULTADOS

El tamaño de la muestra estuvo previsto para ser respondido por 50 encuestados. En realidad, participaron 55 académicos de matemáticas de cinco carreras de ingeniería, entre los meses de junio y julio de 2021. Los resultados más relevantes se presentan a continuación.

De los encuestados, 87% identificaron que sus funciones en entornos en línea, además de la impartición de clases, se encuentra en crear contenidos digitales, el resto consideró que sus necesidades están en proporcionar soporte tecnológico, en cómo favorecer la participación en clase, y en generar discusiones y reflexiones críticas sobre un tema matemático.

Otro hallazgo se encuentra en que la variable mejor valorada, en un 65%, es la “Gestión del tiempo”, mientras que la variable peor valorada, en un 8%, es la “Alineación pedagógica y tecnológica”, esto indica que teleconferencias, redes sociales, blogs, colaboración online, plataformas, wikis, redes semánticas, podcasts, repositorios, recursos educativos abiertos, e-libros, apps, simulaciones, etc., son herramientas potenciales tecnológicas, en las cuales no queda claro el modo de intervención pedagógico de aprendizaje de matemáticas, en relación al uso de la tecnología.

Como comentario a lo anterior, basta decir que los participantes no vislumbran cómo se conjuga la competencia digital a la matemática, desde una perspectiva pedagógica.

Los intereses de los profesores indicaron que el desafío en el que aún se encuentran es la “solución de problemas técnicos”, ya que el 70% mencionó dificultades y complejidades, como pudieran ser: acceso a luz, internet, equipos obsoletos, espacios inadecuados, etc. y solo el 30% de ellos se percibieron con habilidades digitales bien desarrolladas.

Los encuestados identificaron que los componentes más importantes de la educación en línea que les han ayudado a realizar su trabajo como docente, son el uso de dispositivos (Figura 2).

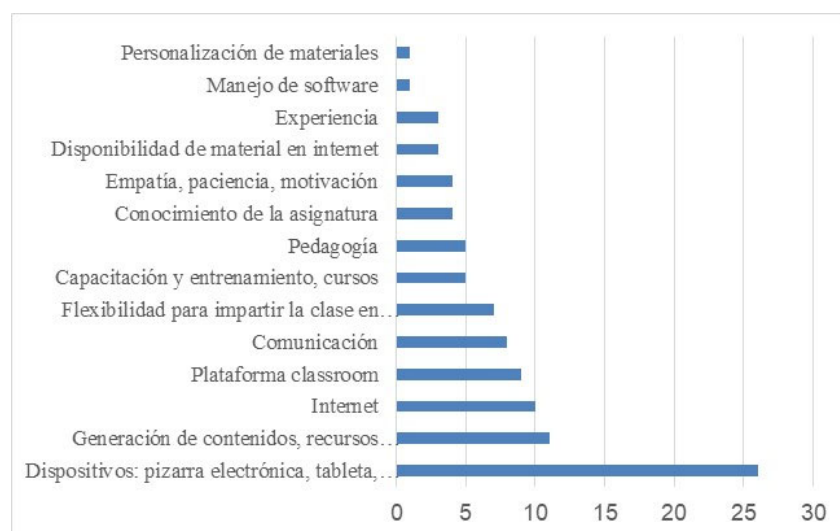


Figura 2. *Coadyuvantes en el desarrollo de una clase efectiva de matemáticas*

En la Figura 2, la escala horizontal significa la frecuencia de respuestas de los encuestados. No obstante, los docentes definieron que su trabajo se ve demeritado por el soporte tecnológico, la falta de motivación y participación del alumnado.

Para la segunda parte de la encuesta, se identificaron 43 competencias, que fueron valoradas por los participantes. La investigación académica y su análisis permitió ubicar los resultados preliminares en cuatro categorías generales -cognitiva, digital, interpersonal y de autoliderazgo-, en las cuales se presentan grupos de habilidades para cada una de estas (Tabla 1).

Tabla 1. *Identificación de competencias matemáticas y digitales*

Cognitivas	Interpersonales
<ul style="list-style-type: none"> • Resuelve modelos utilizando métodos analíticos, numéricos y estadísticos. • Define fórmulas/ modelos matemáticos. • Ser capaz de manipular elementos algebraicos en el proceso de resolución del caso/situación. • Argumenta en forma lógica la toma de decisiones. • Identifica y localiza errores lógicos. • Examina tipos de errores y su cálculo. • Determina propiedades estructurales del modelo y de la realidad observada distinguiendo de aquellas ocasionales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ser capaz de resolver casos/situaciones en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o interdisciplinarios) relacionados con su área de estudio.
De autoliderazgo	Digitales
<ul style="list-style-type: none"> • Ser capaz de incluir reflexiones sobre responsabilidades sociales, ambientales, de equidad, de igualdad y éticas. • Tiene una actitud empática con la responsabilidad de cumplir todos los problemas asignados. • Implementa códigos, estándares y normas. • Práctica de valores y principios. • Analiza la sensibilidad de la solución. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interpreta modelos y sus soluciones, mediante herramientas matemáticas y de visualización. • Utiliza programas y aplicaciones informáticas para analizar un caso/situación efectivamente • Refuerza el conocimiento de herramientas para diseñar e implementar programas de computadora. • Toma de decisiones para diferentes paquetes y lenguajes de programación. • Emplea herramientas TIC para facilitar la comunicación oral, visual y escrita. • Implementa algoritmos, mediante software especializado y lenguaje de programación, con análisis de resultados.

En la Tabla 1, se observa que existe una distinción entre cada categoría, donde se encuentran habilidades matemáticas y digitales.

Con base en estos resultados preliminares, un grupo de expertos mediante reflexiones y discusiones guiadas logró una integración de competencias matemáticas que se activan al mismo tiempo en una situación de enseñanza- aprendizaje digitales (Geraniou & Jankvist, 2019), ver Tabla 2.

Tabla 2. *Identificación de nuevas competencias matemáticas digitales*

COMPETENCIAS MATEMÁTICA DIGITAL	
1. Debe existir una noción de fluidez matemática y tecnológica que se muestre como “la habilidad de producir pensamiento matemático por medio de herramientas digitales y la habilidad de combinar y entrelazar constantemente conocimiento matemático y tecnológico, junto a su comunicación efectiva”.	
2. “Ser capaz de decidir qué herramientas digitales se pueden usar en diferentes situaciones matemáticas, considerando el contexto, y al mismo tiempo, ser capaz de determinar las capacidades y alcances de distintas herramientas”.	
3. “Ser capaz de usar analíticamente la tecnología digital en la solución de problemas, y en general, cuando se aprende matemáticas”.	
Competencias cognitivas matemáticas Solución estructurada de problemas Pensamiento crítico Razonamiento lógico Comprensión de errores Análisis de datos y estadística	Competencias digitales Desarrollo y uso de software Desarrollo y comprensión de sistemas digitales Ética digital Colaboración digital

En la Tabla 2, se muestran competencias matemáticas digitales en donde se desarrolla el proceso de aprendizaje, operado en ambientes digitales. Asimismo, los expertos identificaron competencias distintivas, cognitivas matemáticas y digitales, que se esperaría que un profesional de la ingeniería pudiese implementar en su desenvolvimiento laboral.

Desde una perspectiva del impacto, la identificación de las competencias matemáticas digitales arriba descritas, permiten reflejar el grado de cumplimiento que tienen objetivos educacionales en un programa de ingeniería. En este sentido, para la formación de estudiantes proporcionan evidencia sobre el grado en que se están alcanzando objetivos descritos.

Ahora, el impacto sobre la formación del estudiante radica en una mejor comprensión de objetivos de actividades de aprendizaje a resolver, al conjugarse con competencias para cumplir con estos. Asimismo, se hace explícito para el alumnado qué competencias se espera se desarrollen, con lo cual este deberá explorar las mejores estrategias de solución, consecuentemente, después de la evaluación, mejorar su nivel de rendimiento. Más aún, a un nivel de metacognición, el estudiantado es capaz de vincularse efectivamente en el mercado laboral al explicitar la competencia y el porcentaje de dominio de habilidad logrado.

CONCLUSIONES

Se han identificado nuevas competencias que pueden enriquecer la experiencia de aprendizaje matemático. Como se sabe, las matemáticas son una parte esencial de cualquier licenciatura de ingeniería, y son una herramienta que los ingenieros usan en su quehacer profesional.

Por lo tanto, es importante que los conocimientos y competencias se encuentren definidos adecuadamente, para apoyar a estudiantes, docentes, administrativos en el mejoramiento de recursos basados en TIC para el dominio de competencias matemáticas en ambientes de ingeniería.

En estos dos últimos años, el uso del internet y dispositivos digitales para enseñar matemáticas han demostrado que tienen el potencial para crear un ambiente significativo de aprendizaje, desde para resolver, para razonar, como medio de comunicación, hasta para generar relaciones y patrones.

En este estudio exploratorio se han definido competencias matemáticas digitales, y a diferencia de estudios preliminares, estas se han precisado, lo cual proporciona posibilidades de mejorar contenidos digitales, diseñar prácticas innovadoras de enseñanza y evaluación, las cuales abren camino en el aula y dan forma al aprendizaje de estudiantes de ingeniería que han crecido con la tecnología.

El artículo ha sido posible gracias al apoyo recibido de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico DGAPA de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a través del proyecto PAPIME 104221.

BIBLIOGRAFÍA

- Ferrari, A. (2013). *DIGCOMP: A framework for developing and understanding digital competence in Europe*. Publications office of the European Union. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC83167>
- Geraniou, E., & Jankvist, U. (2019). Towards a definition of “mathematical digital competency”. *Educational Studies in Mathematics*, vol 102, pp. 29-45. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10649-019-09893-8>
- Hollebrands, K., West, H., Faulkner, V., & Elrod, E. (2021). From dissertation to publication in the Mathematics Teacher Educator. *Mathematics Teacher Educator*, vol.10, pp. 3-8. https://www.scilit.net/journal-articles?q=journal_id%3A%284422127%29
- Kilpatrick, J. (2014). Competency frameworks in mathematics education. *Encyclopedia of mathematics education*. In S., Lerman (Ed.). *Encyclopedia of Mathematics Education*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_27
- Niss, M., & Højgaard, T. (Eds.) (2002). *Competencies and mathematical learning, ideas and inspiration for the development of mathematics teaching and learning in Denmark*. Roskilde University. http://thiele.ruc.dk/imfufatekster/pdf/485web_b.pdf

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2022). *Sobre la Evaluación de competencias de adultos (PIAAC)*. <https://www.oecd.org/skills/evaluaciones-de-competencias/evaluaciondecompetenciasdeadultospiaac.htm>
- Rosas, A., Castro, A., Lerma, A. y Ampudia, F. (2021). COVID-19: Reto para el docente ante migración de la academia tradicional a la academia virtual. *Revista ANFEI Digital*, vol. 8(13). <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/730>
- Schaffer, F. (2009). *Singapore Math. 70 Must-Know Word Problems level, grade 7*. Frank Schaffer publications