

Entornos maker para la inclusión en el aprendizaje conceptual: construcción de instrumentos musicales y desarrollo del lenguaje matemático

Lic. Sergio Neguib Gallo Caro¹
The New School, Medellín - Colombia
sergiomusica@thenewschool.edu.co

Msc. Lina Marcela Gómez Quintero²
Universidad Pontificia Bolivariana - Colombia
stem@cch.edu.co

Msc. Guillermo León López Flórez³
Universidad Pontificia Bolivariana - Colombia
guillermo.lopez@upb.edu.co

Fecha Recepción: 10/09/18 - Fecha Aprobación: 15/10/18

Resumen: Se presentan los resultados obtenidos a la fecha en torno a la creación de un entorno maker para el fortalecimiento del aprendizaje conceptual matemático a nivel escolar básico, a través de su relación con el aprendizaje musical. Se describe el modelo de adquisición y aprendizaje del lenguaje matemático desarrollado, sobre el cual se sustenta la elección del aprendizaje musical como herramienta para el aprendizaje significativo de la matemática. Posteriormente, se muestran varias de las relaciones existentes entre las actividades realizadas en el aprendizaje musical, y las correspondientes en el aprendizaje matemático. Para finalizar, se describen varios de los instrumentos desarrollados como producto final a este proceso formativo.

Palabras clave: Aprendizaje activo, Aprendizaje significativo, Construcción de instrumentos, Cultura STEAM, Entornos maker, Lenguaje matemático, Lenguaje musical, Pensamiento sistémico.

Abstract: The results obtained to date are presented around the creation of a maker environment for the strengthening of mathematical conceptual learning at the basic school level, through its relationship with musical learning. The acquisition and learning model of developed mathematical language is described, on which the choice of musical learning as a tool for the meaningful learning of mathematics is based. Subsequently, several of the existing relationships between the activities carried out in the musical learning and the corresponding ones in the mathematical learning are shown. Finally, several of the instruments developed as a final product to this training process are described.

Keywords: Active learning, Meaningful learning, Instrument building, STEAM culture, Maker environments, Mathematical language, Musical language, Systemic thinking.

1. Licenciado en Educación Básica con énfasis en Educación Artística y Cultural: Música, de la Universidad de Antioquia, así como Tecnólogo en Gestión y Ejecución Instrumental para las Prácticas Musicales, de la Escuela Superior Tecnológica de Artes Débora Arango. Cuenta con una diplomatura en Formación Pedagógica para Profesionales no Licenciados, y otra en "Arteterapia Integrativa" un paradigma innovador de intervención clínica y comunitaria, ambas otorgadas por la Universidad de San Buenaventura. Actualmente labora como docente de Música en la institución educativa The New School – El Nuevo Colegio, ubicada en la ciudad de Medellín. También se desempeña como músico y productor.

2. Ingeniera Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín. Realizó sus estudios de especialización en Gestión de Proyectos a través de la Fundación Universitaria Iberoamericana – FUNIBER – y es Magister en Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín. Cuenta con experiencia investigativa en nuevos materiales, en particular materiales de carbono para aplicaciones en la industria aeronáutica. Adicionalmente, tiene formación en Educación, la cual incluye una diplomatura en Metodología, Didáctica y Evaluación en la Enseñanza de Segundas Lenguas, así como con una certificación en Coaching Educativo. Cuenta con experiencia docente de más de 10 años, y es docente y consultora STEAM, así como creadora del concepto de Cultura STEAM en Colombia. Se desempeña como Coordinadora STEM del colegio Colombo Hebreo de Bogotá.

3. Ingeniero Electrónico de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín, así como Licenciado de la Universidad de Medellín. Es además especialista en Gestión Tecnológica y en Didáctica de las Ciencias y la Matemática, así como Magister en Gestión Tecnológica de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín. Se ha desempeñado como docente e investigador en varias instituciones universitarias, que incluyen a la Universidad de Medellín y a la Universidad Pontificia Bolivariana. También es asesor de trabajos de grado, en programas de pregrado y posgrado. Es actual miembro de la Sociedad Colombiana de Matemáticas.

1. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje matemático ha sido considerado por muchos años, uno de los puntos críticos en las discusiones respecto de la calidad en la educación, dada su injerencia en el desarrollo de habilidades de pensamiento y competencias para la solución de problemas [1]. Ahora bien, diversas investigaciones han declarado que la matemática es un lenguaje adicional que permite describir el Universo de forma clara y precisa [2], y por esto su didáctica requiere una perspectiva lingüística que comprenda el desarrollo del lenguaje natural en su diseño. Ahora, teniendo en cuenta que el proceso de adquisición y aprendizaje del lenguaje natural inicia en la interacción con el medio [3, 4], dicha interacción permite la adquisición y consolidación de relaciones entre variables que redundan en la construcción del lenguaje matemático [5-9]. En este sentido, es menester asegurar experiencias auténticas con las cuales la conexión entre el lenguaje matemático y el lenguaje natural se dé satisfactoriamente; dichas experiencias pueden contar con elementos concretos y abstractos, siendo de especial relevancia los espacios de apreciación y creación musical.

La relación que existe entre la música y la matemática, ha constituido un hito importante en la revisión histórica de la matemática y su importancia en la construcción de conocimiento artístico y científico [9]; se considera que su influencia en el desarrollo de habilidades de pensamiento es notable, y por ello es necesaria la presencia de sesiones de aprendizaje musical y matemático en el programa escolar, tanto de manera simultánea como en sesiones separadas. El proceso de formación musical, por otro lado, es muy similar en hábitos y estructuras al proceso de formación matemática, dado que demanda el dominio de un código lingüístico que describe representaciones del entorno para su aplicación [10], y demanda, adicionalmente, sesiones permanentes de estudio para la interpretación del lenguaje específico. Esta dinámica de trabajo es consistente con la definida en el enfoque educativo STEAM, el cual promulga las competencias para el siglo XXI en aras de la innovación científica y tecnológica, y que se ampara en los principios del movimiento maker para el desarrollo sostenible y el pensamiento sistémico.

Este documento presenta los resultados obtenidos a la

fecha, en el marco de la creación de un entorno maker para la consolidación del pensamiento sistémico mediante el desarrollo del pensamiento matemático y el pensamiento musical, en donde la construcción de instrumentos y su correspondiente puesta en escena a través de ensambles, fomenta la revisión consciente de los códigos lingüísticos realizados para desarrollar la musicalidad en primera instancia, y así comunicar (desde la exploración sonora, rítmica y melódica) la manera en que producen sonido. Se han construido diversos instrumentos – cordófonos, aerófonos y percusión – con los que los estudiantes han realizado diversos ensambles, lo cual da cuenta del desarrollo de competencias para el trabajo colaborativo en aras de un resultado soportado en nuevas habilidades de pensamiento y competencias con injerencia cognitiva y metacognitiva.

2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

Una de las principales premisas para hablar actualmente de inclusión, está dada por el Diseño Universal de Aprendizaje [11]; en éste, los diversos canales de referencia para la adquisición del conocimiento – visual, auditivo, kinestésico entre ellos – deben ser considerados en el diseño de toda sesión de aprendizaje, así como en su correspondiente evaluación.

Así, se establecen el aprendizaje basado en competencias y el enfoque STEAM como que involucra el aprendizaje conceptual matemático y el aprendizaje del lenguaje musical mediante dinámicas de trabajo colaborativas y apoyadas en hábitos maker.

2.1. Competencias para el Siglo XXI: enfoque STEAM y aprendizaje basado en competencias.

La educación básica es la que permite el desarrollo de competencias, hábitos y actitudes en el marco de saberes específicos. Teniendo en cuenta las condiciones de vida que exige la era actual, en donde la proactividad y la interdisciplinariedad tienen gran cabida, se hace necesario orientar la formación de hábitos y competencias hacia la participación activa y sostenible en esta sociedad y siguientes [12].

STEAM es un enfoque educativo, cuyo nombre corresponde al acrónimo que se refiere a la integración de las Ciencias, la Tecnología, la Ingeniería, las Artes y las Matemáticas (Science, Technology, Engineering,

Arts and Mathematics) para el aprendizaje mediado por el pensamiento crítico, la pregunta como detonante cognitivo y el trabajo colaborativo. Es, en sí, una versión mejorada de STEM, ya que incluye las Artes como aspecto humanizador y sensibilizador [13-18]. Si bien en sus inicios – cuando se hablaba de enfoque STEM – se buscaba incrementar el número de estudiantes involucrados en carreras asociadas a las Ciencias, la Tecnología y la Ingeniería, para así reducir la brecha profesional en el campo y aumentar la fuerza de trabajo en estas áreas, el objetivo de STEAM ha evolucionado notablemente. Puede afirmarse que el objetivo de STEAM es el aprendizaje científico y tecnológico de carácter significativo, que permita la conformación de una mentalidad consistente con los retos que traen este siglo y posteriores. Este enfoque se ha posicionado como referente en términos de innovación educativa, precisamente porque tiene como objetivo la innovación científica y tecnológica, en simbiosis con el pensamiento artístico y humanístico.

2.2. Aprendizaje conceptual matemático.

La formación para el desarrollo del pensamiento matemático parte de la concepción acerca del mismo. Actualmente puede considerarse la matemática como un sistema lingüístico dedicado a la reconstrucción y al modelamiento de los patrones que se encuentran en la naturaleza, y que permiten la predicción de futuros fenómenos; el análisis matemático, entonces, se transforma en un asunto de “traducción”, en el que operadores, símbolos, propiedades, comunican detalles de situaciones que modelan y reconstruyen sistemas observados en nuestra Naturaleza y en muchas otras posibles [19]. De hecho, se ha enunciado que una de las características de la matemática es que se expresa a través de un sistema de símbolos cuyos significados sintetizan, de una u otra manera, las propiedades de un sistema basado en cantidades, sean éstas constantes o variables, respecto de cómo serían expresadas a través de un lenguaje natural [20].

Alrededor del aprendizaje lingüístico, existen múltiples hipótesis e investigaciones. Una de las más destacadas es la de [21], quien afirma que existe un esquema de adquisición de patrones lingüísticos soportados en la interacción permanente con símbolos en el lenguaje materno a través de la comunicación con el entorno y con otros pares, que permite estructurar relaciones entre nuevos términos [21-27], quienes

presentan esquemas diversos respecto del aprendizaje matemático desde una comunión estrecha con la adquisición y fortalecimiento del lenguaje natural, estableciendo estructuras diádicas y triádicas que conforman los procesos de interpretación en diferentes sistemas semióticos.

Diversas aproximaciones, enfoques y métodos se han desarrollado con el fin de asegurar el aprendizaje de segundas lenguas, y todos estos métodos surgen de distintas concepciones alrededor de cómo el ser humano aprende un lenguaje natural [28]. Así las cosas, se puede revisar la posibilidad de desarrollar un método que, bajo la misma luz, promueva un aprendizaje profundo, sólido y significativo del lenguaje matemático.

2.3. Aprendizaje significativo en la música: construcción de instrumentos.

El aprendizaje significativo tiene como uno de sus principios, la construcción de significados y el aprovechamiento de conocimientos previos, dentro de un aprendizaje activo [20, 21], lo cual es coherente con el aprendizaje propuesto en el enfoque STEAM, y demanda la conformación de comunidades de aprendizaje de acuerdo con los principios de la Cultura STEAM [16]. En este orden de ideas, la construcción de instrumentos musicales trae consigo procesos similares a los que propuestos en STEAM alrededor de la experimentación y a la revisión de conceptos, para consolidar competencias [30, 31].

La construcción de instrumentos propiamente dicha puede realizarse en dos fases: experimentación sonora con objetos cotidianos – llamados también cotidiáfonos [32] y construcción de instrumentos más elaborados (como aerófonos, cordófonos y percusión) a través de la aplicación de conceptos estrechamente ligados a la matemática – como es el caso de los armónicos, las frecuencias y los intervalos para la generación de música en la escala diatónica o pentatónica – con el propósito de explorar, improvisar, interpretar, comprender y crear nuevos ensambles sonoros.

La construcción instrumental abarca las siguientes etapas o fases [33]:

- Exploración: es importante que cada

estudiante, de forma individual, explore e identifique las características del sonido y sus categorías (altura, duración, intensidad, timbre), así como la vibración y amortiguación del sonido y demás, asociadas a las propiedades acústicas del material que constituye el elemento sonoro; además, se pretende el planteamiento de hipótesis para identificar el mecanismo que hace al objeto sonar. Su relación con el entorno y su experiencia previa al escuchar música, ayudarán a predecir el comportamiento de dicho elemento sonoro.

- **Construcción mental:** los estudiantes desarrollan un mapa mental previo a la ejecución de las posibilidades para la creación de una melodía con los elementos sonoros disponibles. En esta instancia entra en juego la formulación de una necesidad, la cual conlleva a la solución de problemas, elemento básico para la detonación del pensamiento creativo.

- **Experimentación:** una vez el estudiante logra sacar la máxima producción de los elementos sonoros que tiene a disposición, entra en juego la musicalidad; ésta tiene una instancia inicial de improvisación libre, cuyo objetivo es asegurar la familiarización del estudiante con la forma en que cada instrumento produce sonido. Tan pronto esta etapa se consuma, puede darse cabida a varias actividades de creación. Lo importante es hacer que esas experiencias de éxito con el instrumento puedan ser registradas para su posterior revisión y utilización, así que se requiere un lenguaje individual para sistematizar la experiencia. Ese lenguaje individual debe ser verificado en cuanto a su efectividad en el seguimiento de la experiencia musical.

- **Socialización:** en este momento, los instrumentos deben confluir. Se puede proceder con una improvisación dirigida; aquí se establece un tiempo (en el cual, dentro de la improvisación, se harán las subdivisiones y sumas de pulsos y silencios, hechos de forma espontánea), así como las diversas cualidades del sonido. En esto, hay que recoger todas las apreciaciones de los estudiantes, cada uno a su nivel de exploración musical: ¿qué sintieron? ¿cómo lo sintieron? ¿cómo describen las experiencias rítmica, melódica y armónica?

- **Creación:** luego de socializar, se ofrecen estructuras de creación musical en las cuales se

puede tener un acento determinado, una cantidad de compases específicos dentro de una estructura musical; allí, cada estudiante aplicará su código de escritura. Una vez se haga la revisión de la creación individual en relación con la estructura musical planteada, los estudiantes trabajarán de manera colaborativa en el ensamble de estas creaciones individuales.

- **Evaluación:** los posteriores procesos de evaluación formativa implican trabajos de autoevaluación, coevaluación, revisión colaborativa de códigos, manipulación colaborativa de instrumentos, y otros (pudiendo incluirse en esta categoría a las bitácoras y portafolios de creación, propuestos desde la Cultura STEAM para la evaluación). Como fin último, surge la necesidad de crear un código único que permita que cualquiera de los estudiantes pueda tocar cualquiera de los instrumentos, esto es, el lenguaje formal musical.

Es importante mencionar que estas etapas concuerdan con los procesos planteados en el enfoque STEAM para la construcción de conocimiento, y con los definidos en la Cultura STEAM para la conformación de comunidades de aprendizaje a través del aprendizaje basado en conceptos.

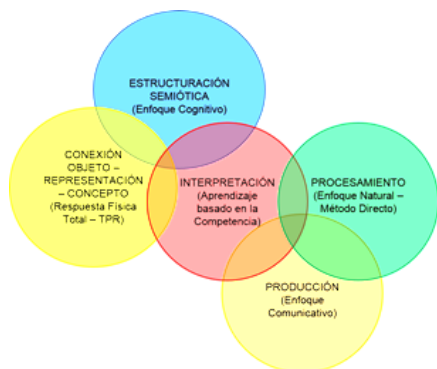
3. MODELOS PROPUESTOS

El proceso de creación de entornos maker fundamentados en el desarrollo del pensamiento matemático y del pensamiento musical, se basa en el modelo de enfoques integrados, que involucra métodos de aprendizaje interactivos con el entorno, la solución de problemas, y la consolidación de un lenguaje específico para el contexto, de manera que éste responda a la descripción y predicción de los fenómenos asociados a su normal funcionamiento

3.1. Modelo de enfoques integrados para el aprendizaje matemático.

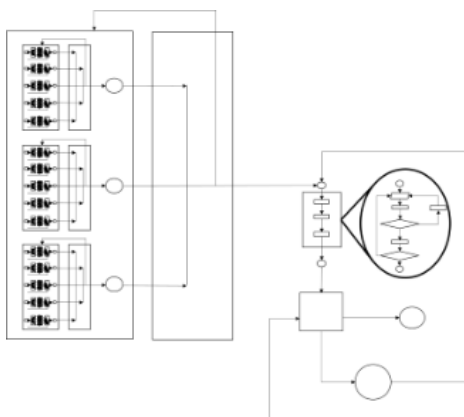
El modelo propuesto consta de cinco ciclos integrados, cada uno de ellos asociado de manera predominante a un enfoque o método de aprendizaje para el aprendizaje de lenguajes adicionales (ver Fig. 1).

Figura 1. Representación esquemática del modelo de enfoques integrados para el aprendizaje del lenguaje matemático.



Este modelo puede presentarse de manera consolidada siguiendo un diagrama de flujo regular (ver Fig. 2). En éste, puede apreciarse cómo el núcleo del proceso de aprendizaje se da en las etapas de Estructuración Semiótica e Interpretación, dado que el Sistema Semiótico es su punto de conexión. Es allí en donde se verifica la completitud y consistencia de los conceptos de acuerdo con el marco de referencia de interés, y donde se crea la estructura de aprendizaje básica.

Figura 2. Representación consolidada del modelo de enfoques integrados para el aprendizaje del lenguaje matemático.



3.2. Relación del modelo propuesto con la práctica de construcción de instrumentos.

Hay importantes conexiones entre los procesos de construcción instrumental y los de matematización [34], los cuales facilitan el establecimiento de estrategias de aula que pueden ser aprovechadas para la evaluación del conocimiento matemático y musical, del mismo modo en que pueden asegurar una

evaluación confiable (ver Tabla 1).

TABLA 1. Relación entre ciclos del modelo y procesos de creación matemática y musical.

Ciclo del modelo	Proceso de creación musical	Proceso de creación matemática
<i>Conexión objeto - representación - concepto</i>	Exploración con cotidiáfonos	Manipulación de objetos y posiciones en el espacio.
<i>Estructuración semiótica</i>	Construcción de lenguaje representativo del sonido en cotidiáfonos.	Construcción de lenguaje representativo de los cambios en cantidades y posiciones.
<i>Interpretación</i>	Improvisaciones libre y dirigida.	Revisión de coherencia entre la información suministrada por el lenguaje, y la presentada por el entorno
<i>Producción</i>	Ensamble musical con los instrumentos	Procedimientos de solución de problemas, basado en el ciclo de G. Polya
<i>Procesamiento</i>	Revisión de código musical individual a la luz del lenguaje musical formal	Reescritura de recursos para la solución de problemas, de acuerdo con las estructuras matemáticas formales

4. RESULTADOS: INSTRUMENTOS CONSTRUIDOS

Se establecieron dinámicas de trabajo de aula de acuerdo con lo anteriormente descrito, y en concordancia con los ciclos descritos en el modelo anterior. En detalle, se establecieron espacios de construcción mental y desarrollo individual de lenguaje musical a través de la experiencia con cotidiáfonos (ver Fig. 3).

Figura 3. Sesiones de construcción colectiva de código para la comunicación de la experiencia musical con cotidiáfonos.



También, se desarrollaron tareas auténticas y

significativas que promovieron la integración de los sistemas de representación y comunicación matemática y musical, de acuerdo con los objetivos de aprendizaje y competencias delineados en los planes de estudios (ver Fig. 4).

Figura 4. Diseño de actividades de aprendizaje y evaluación integradas entre Música y Matemáticas, para la integración de conceptos a la creación de lenguajes musical y matemático.

Nombre del estudiante		Fecha	
Asignatura	- Matemáticas (English) - Artes (Música)	Grado	SAB
Indicador de logro	Matemáticas 3. Ubica correctamente puntos en el plano cartesiano dadas las coordenadas (x,y). Música 3. Analiza obras pequeñas para extraer de ellas la armonía y los intervalos musicales.		
Instrucciones	Esta tarea debe estar registrada en el cuaderno de Música. Será socializada en ambas clases, por lo cual se debe contar con ambos cuadernos para el posterior registro de socialización.		

Math + Música: intervalos musicales y patrones coordinados

- Realiza la siguiente consulta:
 - ¿Qué es un intervalo en Matemáticas?
 - ¿Qué es un intervalo en Música?
 - ¿Qué es un tono?
 - ¿Qué es un semitono?
 - ¿Qué significan, en el contexto musical, los términos "mayor", "menor", "justa" y "aumentada"?
- De acuerdo con estas definiciones, completa la imagen. Recórtala y pégalas en tu cuaderno de Música

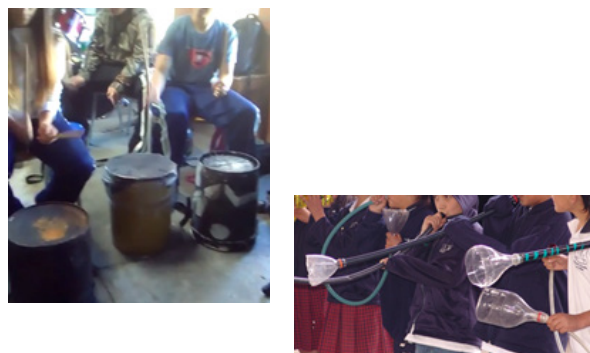
También se construyeron instrumentos de cuerda, viento y percusión, los cuales fueron empleados en la creación de ensambles musicales mediante improvisación libre y dirigida (ver Figura 5).

Figura 5. Construcción de instrumentos de viento empleando materiales reutilizables de uso cotidiano.



Finalmente, se desarrollaron ensambles musicales dirigidos, en los cuales dichos instrumentos construidos a partir de materiales de uso y reúso cotidianos, previamente manipulados y estudiados, tuvieron amplio impacto (ver Fig. 6).

Figura 6. Desarrollo de ensambles musicales.



5. CONCLUSIÓN

El trabajo realizado arrojó las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- La integración de la formación en pensamiento matemático y musical, permitió a los estudiantes establecer hábitos de razonamiento en ambos contextos, favoreciendo la conexión entre ambos lenguajes y la formulación de equivalencias a la hora de resolver problemas en el aula.
- Las sesiones de creación de un código musical acompañaron de forma significativa la introducción al pensamiento algebraico, puesto que permitieron la relación entre símbolos diferentes a los empleados en la comunicación mediante el lenguaje natural, con la manifestación de fenómenos físicos asociados a los ejercicios de apreciación, comprensión y creación sonora.
- El ejercicio específico de la construcción de aerófonos (trompetas de manguera) ofrece la posibilidad de trabajar técnica vocal y afinación, además de la creación melódica a través de la relación entre variables físicas (dimensiones de la manguera) y el sonido generado (medidas de los sonidos y pulsos). Sin embargo, las relaciones de la medida de los sonidos con el pulso requieren de un mayor afinamiento en las actividades previas.
- La construcción de las trompetas ofreció un espacio

creativo y de planeación para su construcción, cada estudiante ideó formas alternas para el ensamble de las piezas y se buscaron otros materiales que ofrecieran mayor vibración y por ende mayor volumen y claridad en las notas, toda vez que los estudiantes encontraron que el plástico en el pabellón de la trompeta no ofrecía la prolongación en la vibración como lo hacía un latón.

- Las improvisaciones realizadas después del calentamiento con una determinada escala, influían directamente en los intervalos que realizaban en dichas improvisaciones; los acompañamientos armónicos variaron dentro de esta tonalidad, buscando una mayor exploración de las posibilidades melódicas del instrumento construido. Esto guarda relación con la construcción melódica del concepto de marco de referencia, de amplia importancia en la solución de problemas matemáticos y científicos.

Referencias Bibliográficas

- [1] OECD. Reporte PISA 2012 - Estudiantes de bajo rendimiento, <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-Estudiantes-de-bajo-rendimiento.pdf>, último acceso 2016/09/13.
- [2] OECD. PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education, <http://www.oecd.org/education/pisa-2015-results-volume-i-9789264266490-en.htm>, último acceso: 2017/04/15.
- [3] Menon, U. Mathematization vertical and horizontal, <http://episteme.hbcse.tifr.res.in/index.php/episteme5/5/paper/download/168/52>, ultimo acceso 2016/05/03
- [4] Polya, G. Cómo plantear y resolver problemas, https://drive.google.com/file/d/0B9X_ut9YyVHWdXY5T29IZzdxMnM/view?usp=drivesdk, último acceso 2016/04/09
- [5] Hofstadter, D. Gödel, Escher, Bach - Un eterno y grácil bucle. Ed. Tusquets, edición en español, 2007.
- [6] Lee, C. El lenguaje en el aprendizaje de las matemáticas. 1ra edn. Ed. Morata, 2009.
- [7] Ávila Meléndez, L. A. Pertinencia de técnicas de enseñanza de segundas lenguas en clases de matemáticas en contextos multilingües. En: I Congreso de Educación Matemática de América Central y el Caribe - I CEMACYC, 2013.
- [8] Borges Ripoll, M. Algunas estrategias para facilitar el aprendizaje de las matemáticas, <http://www.sinewton.org/numeros/numeros/45/Articulo05.pdf>, último acceso 2016/06/05.
- [9] García Quiroga, B., Coronado, A. y Giraldo Ospina, A. Orientaciones Didácticas para el Desarrollo de Competencias Matemáticas. Ed. Universidad de la Amazonía, primera edición, 2015.
- [10] Colombia Aprende. Diseño Universal de Aprendizaje – DUA. Recuperado de: <http://aprende.colombiaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/cerrandobrechas/Men%C3%BA%20horizontal%20inferior/DUA.pdf>, último acceso: 2018/06/10.
- [11] Castro Alonso, J. C., Ayres, P. and Paas, F. The Potential of Embodied Cognition to Improve STEAM Instructional Dynamic Visualization. En: Emerging Technologies for STEAM Education – Full STEAM Ahead. Recuperado de: <http://www.springer.com/la/book/9783319025728> (Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2017).
- [12] Gómez Quintero, L. M. Cultura STEAM: la mentalidad por encima del producto - Parte I. En: Las Notas de Clase de Marcela Gómez. Recuperado de: <http://lasnotasdeclasedemarcelagomez.blogspot.com.co/2017/09/cultura-steam-la-mentalidad-por-encima.html>, último acceso: 2017/09/30.
- [13] El-Deghaidy, H. STEAM Methods: a case from Egypt. En: Designing and Teaching the Secondary Science Methods Course. An International Perspective. Recuperado de: <https://www.sensepublishers.com/catalogs/bookseries/other-books/designing-and-teaching-the-secondary-science-methods-course/>, último acceso: 2017/08/05.
- [14] Ge, X., Ifenthaler, D., Spector, J. M. Emerging Technologies for STEAM Education – Full STEAM Ahead. Recuperado de: <http://www.springer.com/la/book/9783319025728> (Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2017).
- [15] Goh Chueng Meng, Christine. A cognitive perspective of language learners' listening comprehension problems. Recuperado de: <https://repository.nie.edu.sg/bits/tream/10497/18662/1/S-28-1-55.pdf> (Fecha de consulta: 10

de septiembre de 2017).

[16] Gómez Quintero, L. M. Cultura STEAM y la Educación para el Siglo XXI. Recuperado de: <http://www.santillana.com.co/rutamaestra/edicion-18/cultura-steam-y-la-educacion-para-el-siglo-xxi/> (Fecha de consulta: 16 de marzo de 2017).

[17] Gómez Quintero, L. M. Educación de calidad y mentalidad de superviviente II: la educación y la innovación toman tiempo. En: Las Notas de Clase de Marcela Gómez. Recuperado de: <http://lasnotasdeclasedemarcelagomez.blogspot.com.co/2017/10/educacion-de-calidad-y-mentalidad-de.html> (Fecha de consulta: 10 de octubre de 2017).

[18] Martínez, J. E. The Search for Method in STEAM Education. Recuperado de: <http://www.palgrave.com/la/book/9783319558219> (Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2017).

[19] Cortez Vásquez, A., Vega Huerta, H., Pariona Quispe, Jaime. Procesamiento de lenguaje natural, <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/sistem/article/download/5923/5121>, último acceso 2018/05/20.

[20] Andersen, H. Active Arithmetic, http://www.waldorflibrary.org/books/3/view_bl/52/ebooks/56/active-arithmetic-ebook, último acceso 2017/07/20.

[21] Ausubel, D. and Fitzgerald, D. Meaningful Learning and Retention: Intrapersonal Cognitive Variables. Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/pdf/1168901.pdf>, último acceso: 2017/09/12.

[22] Kuhl, P. K. Early Language Acquisition: Cracking the speech code. *Nature Reviews: Neuroscience*. Vol. 5 (Noviembre), 831-843 (2004).

[23] D'Amore B. The noetic in mathematics. *Scientia Pedagogica Experimentalis*. (Gent, Belgio). XXXIX, 1, 75-82 (2003).

[24] D'Amore, B. Objetos, significados, relaciones matemáticas y sentido, <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2161582.pdf>, último acceso 2017/12/01.

[25] D'Amore, B. y Martini, B. Contrato didáctico, modelos mentales y modelos intuitivos en la resolución de problemas escolares típicos. *NÚMEROS Revista de didáctica*

de las matemáticas 32 (Diciembre) 26-42 (1997).

[26] Dehaene, S. The number sense: how the mind creates mathematics, <http://backspaces.net/temp/Spring2010Seminar/The%20Number%20Sense.pdf>, último acceso 2017/12/07.

[27] Duval, R. A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics, http://www.jstor.org/stable/pdf/25472062.pdf?casa_token=Llp__hXk0P4AAAAA:WuZOCpx9HmamM5IJB8TpGVa_UpHyhAnZ8W-tfNy8CWVIFWLJVIZThHtq1gw4u6A3syM-p9Fp645BeR3jCSv8b8lYDiHmkt5F7gJ_XpunFOI7llwsMjoD, último acceso 2017/12/07.

[28] Duval, R. Representation, Vision and Visualization: Cognitive Functions in Mathematical Thinking. *Basic Issues for Learning*, <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED466379.pdf>, último acceso 2017/12/07

[29] Brown, D. A methodical history of language teaching, <https://methodologyshumenextramurals.files.wordpress.com/2013/02/2-a-methodical-history-of-language-teaching.pdf>, último acceso 2016/02/07.

[30] Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives*. New York: David McKay, 356, 1998-1999.

[31] Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., & Bloom, B. S. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Allyn & Bacon.

[32] Akoschky, J. Los "cotidífonos" en la educación infantil (2005). Eufonía. [Versión electrónica]. *Revista Eufonía* 33. Recuperado de: <http://um.es/desarrollopsicomotor/wq/2010/wqicentemay2010/material/Ref03.pdf>, último acceso: 2018/06/10.

[33] Trallero, C. (2008). El oído musical. Recuperado de: <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/11525/1/EL%20OIDO%20MUSICAL.Pdf>, último acceso: 2018/06/11.

[34] Gómez Quintero, L. M. y Gallo Caro, S. N. Recuperado de: <https://linkedin.com/pulse/possibilities-linguistic-teaching-methods-musical-our-gómez-quintero/>, último acceso: 2018/05/28.