

# Herramienta con inteligencia artificial para evaluación del aprendizaje en entornos construccionistas

ISSN 2215-8227

2023, Volumen 14, No. Extra

Ferramenta de inteligência artificial para avaliação da aprendizagem em ambientes construccionistas

Artificial intelligence tool for the evaluation of learning in constructionist environments

**José Ferney Cortés Garnica**  <https://orcid.org/0000-0001-6869-3745>  
Secretaría de Educación de Bogotá  
[ferneycortes@gmail.com](mailto:ferneycortes@gmail.com)

## Resumen

En este trabajo se presenta una investigación cuyo objetivo fue la construcción e implementación de un sistema automático de caracterización del aprendizaje en entornos construccionistas en tiempo real con métodos de inteligencia artificial, analíticas del aprendizaje y homología. La investigación es exploratoria y centrada en captar el comportamiento de los individuos en la construcción de modelos en entornos construccionistas con materiales específicos, el diseño metodológico es preexperimental con los estudiantes de grado undécimo de una institución de educación pública en Colombia en el marco de la pandemia SARS-COV2. Se concluyó que el sistema caracteriza las estructuras del aprendizaje de los individuos en un entorno construccionista vía homología y se puede reconstruir la dinámica de construcción de un modelo en un entorno construccionista.

## Palabras Claves

Inteligencia artificial, homología, aprendizaje, modelo, evaluación.

## Resumo

Este trabalho apresenta uma pesquisa cujo objetivo era a construção e implementação de um sistema automático para caracterizar a aprendizagem em ambientes constructoristas em tempo real com métodos de inteligência artificial, análise da aprendizagem e homologia. A pesquisa é exploratória e focada na captura do comportamento de indivíduos na construção de modelos em ambientes constructoristas com materiais específicos, o projeto metodológico é pré-experimental, a intervenção foi feita com estudantes da décima primeira série de uma instituição pública de ensino na Colômbia no âmbito da pandemia de SARS-COV2. Concluiu-se que o sistema caracteriza as estruturas de aprendizagem dos indivíduos em um ambiente constructorista via homologia e que a dinâmica de construção de um modelo em um ambiente constructorista pode ser reconstruída.

## Palavras-chave

Inteligência artificial, homologia, aprendizagem, modelo, avaliação.

## Abstract

This paper presents a research whose objective was the construction and implementation of an automatic learning characterization system in constructionist environments in real time with artificial intelligence methods, learning analytics and homology. The research is exploratory and focused on capturing the behavior of individuals in the construction of models in constructionist environments with specific materials, the methodological design is pre-experimental, the intervention was made with eleventh grade students of a public education institution in Colombia within the framework of the SARS-COV2 pandemic. It was concluded that the system characterizes the learning structures of individuals in a constructionist environment via homology and that the dynamics of construction of a model in a constructionist environment can be reconstructed.

## Keywords

Artificial intelligence, homology, learning, model, evaluation.

## Introducción

El Sistema de Caracterización del Aprendizaje en Entornos Construccinistas vía Homología (SCAECH), plantea la evaluación asistida con redes neuronales tipo SOM en el marco construccionista desde la robótica educativa en el aula. La propuesta de evaluación SCAECH hace parte de las iniciativas en educación en pro del beneficio social que plantea Guio y otros (2021). La disciplina de las analíticas del aprendizaje -LA- en términos de Sabulsky (2019) y Stewart(2017) junto a la inteligencia artificial -IA- a través de los SOM de Kohonen (1995), el software y hardware libres, la homología simplicial que expone Vargas (2017) y las tecnologías de Internet de las cosas – IoT- convergen en el SCAECH para obtener patrones de aprendizaje de los sujetos en tiempo real cuando interactúan con materiales específicos de modelado y simulación en entornos construccionistas, permitiendo contextualizar el aprendizaje y obtener una radiografía de su dinámica en la construcción de modelos y simulaciones por parte de los estudiantes, potenciando la evaluación docente en tiempo real para optimizar el proceso de aprendizaje de los sujetos en el aula.

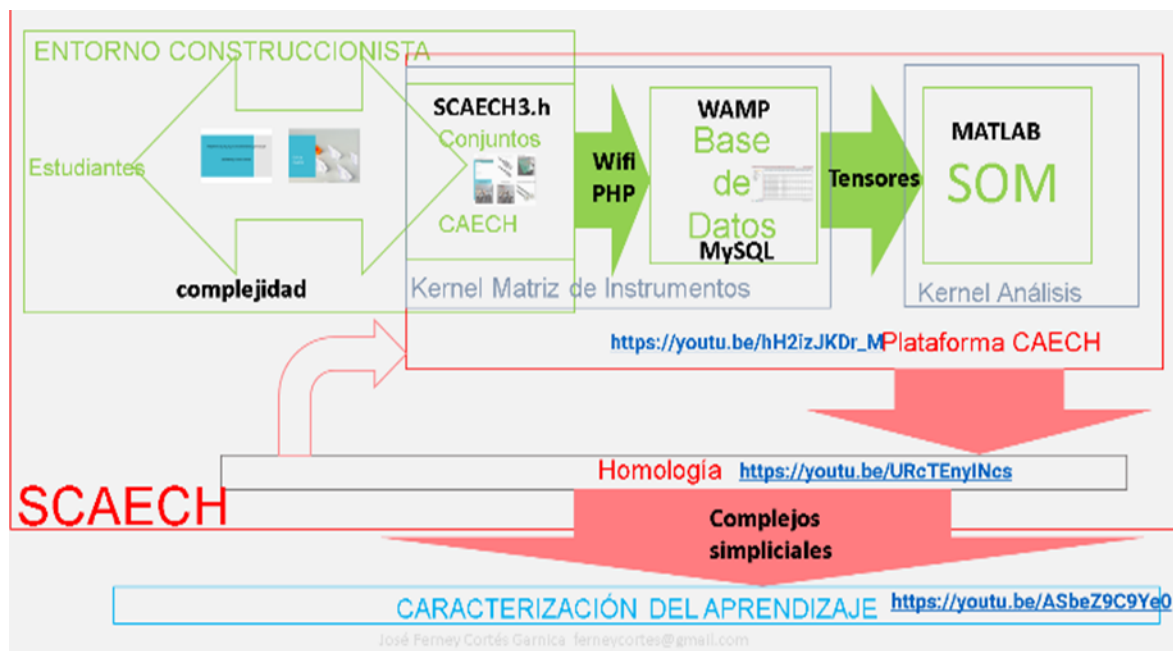
## Metodología

La investigación realizada fue exploratoria, se llevó a cabo con los estudiantes de los tres cursos de grado undécimo de una institución educativa pública en Colombia. Mientras a los estudiantes se les plantearon retos en el aula de clase en construcción de modelos sugeridos en Cortes (2022) para los cuales utilizaron los materiales físicos del SCAECH llamados conjuntos CAECH y los recursos de software de la librería SCAECH3, el sistema SCAECH obtuvo de forma paralela LA vía software/hardware, estableciendo a través de un análisis automático vía SOM la caracterización del aprendizaje en los entornos construccionistas con diseño metodológico preexperimental.

El SCAECH se desarrolló con base a un sistema Open software-Open Hardware en términos de OSHWA (2012), en interacción con una base de datos, un servidor y un sistema de análisis de IA; el conjunto de estos elementos se denominó plataforma CAECH.

La plataforma CAECH está compuesta por dos bloques; un bloque de adquisición de datos llamado Kernel matriz de instrumentos y un segundo bloque llamado Kernel análisis; los dos bloques y su interacción conforman la plataforma CAECH base del SCAECH (Figura. 1).

**Figura 1.** Esquema SCAECH.

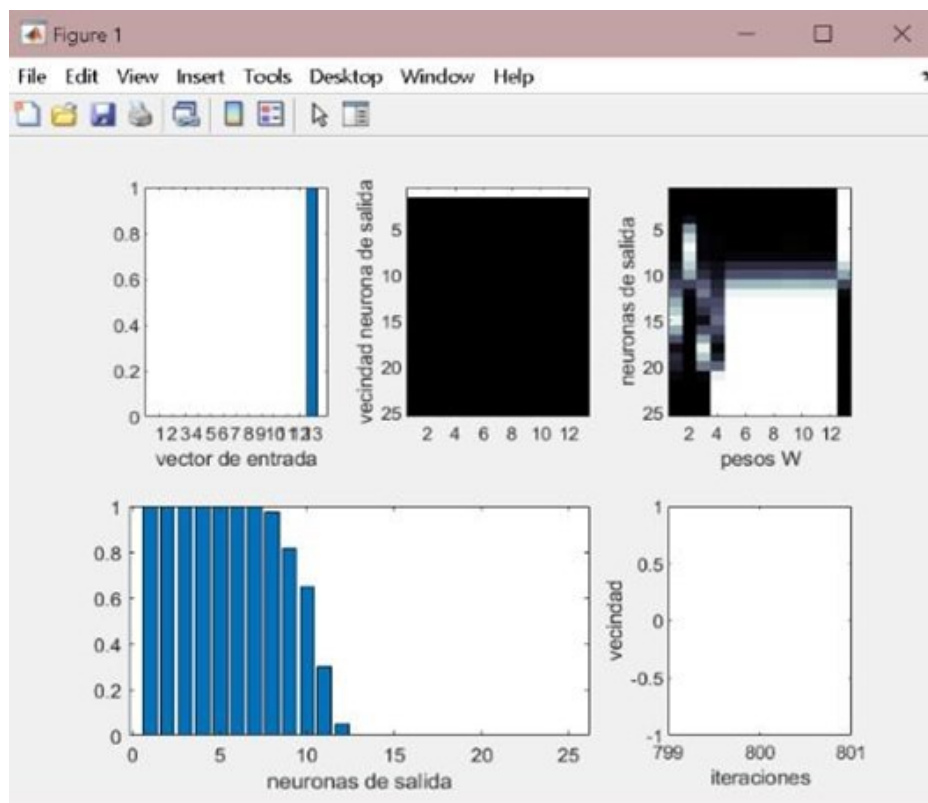


Fuente: El autor

El Kernel matriz de instrumentos es un sistema de adquisición de datos software/hardware que permite obtener y enviar datos de forma permanente de la interacción software/hardware del trabajo de los individuos a un servidor mediante una base de datos previamente establecida. Los dispositivos de recolección de información son los conjuntos CAECH y la librería SCAECH3, un desarrollo propio IoT compuesto por dispositivos electrónicos de entrada, salida y la tarjeta CAECH, que a través de un computador y la librería permite a los usuarios/estudiantes construir modelos y simulaciones, de forma paralela recopilan información software/hardware de los usuarios y la envía vía WIFI a la base de datos.

El subsistema de análisis de información de la plataforma CAECH, es el bloque Kernel Análisis, que consiste en un SOM (gráfica 1) desarrollado en MATLAB teniendo en cuenta los parámetros de Kohonen (2014) y parte de los métodos de la IA; el bloque obtiene la información del bloque Kernel matriz de instrumentos mediante tensores en términos de Raschka y Mirjalili (2017) y presenta al observador/docente un análisis 2-dimensional.

Gráfica 1. SOM



Fuente: El autor

Para monitorear el SCAECH, se utilizaron los instrumentos I, II y III; los dos primeros de testeo de la información y un instrumento III, que viene del SCAECH. Finalmente, un instrumento IV que determina un coeficiente de convergencia entre SCAECH y los resultados de los instrumentos I y II.

El instrumento I es una correlación múltiple por filas y por columnas del localhost en Excel a partir de la matriz de datos mediante MATLAB en un momento n. la correlación por filas encuentra coincidencias entre los diferentes sujetos en base a las m variables del vector de interacción correspondiente a los m datos de software/hardware capturados en un tiempo determinado por el SCAECH. Se tomaron en cuenta únicamente coeficientes de correlación 1 para determinar el nivel de coincidencia perfecto entre dinámicas de los ChipID/usuarios. La correlación por columnas encuentra coincidencias entre las variables de interacción del sujeto y se toman en cuenta los coeficientes de correlación 1 para determinar nivel de coincidencia perfecto entre variables.

El instrumento II es un análisis de detección de coherencia de entradas software/hardware en MATLAB, el resultado se suma a la fila de cada ChipID como la variable de coherencia de modelo (M). Durante todo el proceso de análisis de la plataforma CAECH se conserva el resultado M a través de su correspondiente etiqueta para cada vector ChipID.

El conjunto de etiquetas se comparará con el vector columna M que arroja el instrumento III.

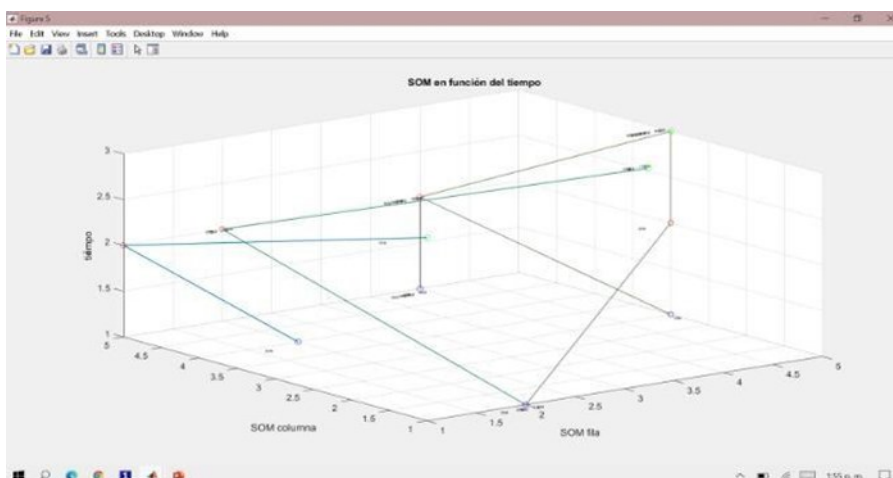
El instrumento III, es una n-cortadura del Kernel Análisis con gamas de grises desde el color negro al blanco. La matriz permitirá establecer coincidencias de implementación de recursos de hardware/software de manera visual entre los diferentes sujetos a través de los modelos en los ChipID (Fig. 4). El instrumento IV, es un criterio de convergencia expuesto por Bobadilla (2020) que, permite establecer un comparativo manual entre los resultados de los instrumentos I y II con el instrumento III. El instrumento IV no requiere de validación, sino una verificación de confiabilidad, pues los datos proceden de instrumentos previamente validados.

## Resultados y análisis

Los resultados de la caracterización se dividieron en dos: un conjunto de ocho interacciones de construcción de prototipos con los recursos que ofrece el SCAECH de forma guiada y un segundo conjunto de interacciones que corresponde al modelamiento autónomo a partir de una guía de modelamiento que plantea tres retos.

Para verificar el funcionamiento del SCAECH se hicieron los 3 mapeos (3 n-cortaduras, gráfica 3) y un mapa de las trayectorias de las cortaduras 4D (gráfica 2) en cada una de las ocho prácticas guiadas y sus correspondientes pruebas con los instrumentos I y II; debido a la naturaleza guiada de las prácticas los invariantes identificados en cada una de las tres cortaduras de una determinada practica eran los mismos, razón por la cual el mapa de las trayectorias de las cortaduras 4D presentaba únicamente trayectorias paralelas en función del tiempo, lo que evidenciaba la naturaleza guiada de la dinámica de construcción de prototipos en cada práctica, los análisis de correlación múltiple por columnas determinaba el mismo comportamiento. Al avanzar en cada una de las de las prácticas y al revisar sus n-cortaduras y el mapa de trayectorias de las cortaduras 4D se evidenció una dinámica similar, los invariantes son diferentes pero el paralelismo de trayectorias en el tiempo en el mapa de las trayectorias de las cortaduras 4D persiste lo que representa la efectividad del SCAECH al caracterizar el aprendizaje de los individuos.

**Gráfica 2.** Mapa de las trayectorias de cortaduras nodales en 4D



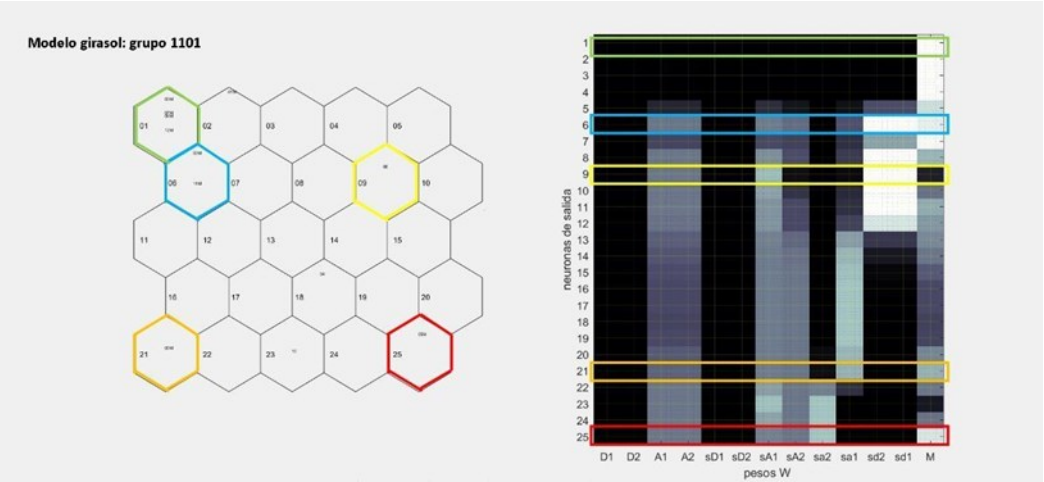
Fuente: El autor

Para el diseño y construcción de los modelos de forma autónoma por parte de los estudiantes se utilizó la guía de experimentos autónomos que consta de tres actividades, en las que se explica el modelo que se debe construir; el material con el que cuentan, son los conjuntos CAECH. Se hicieron los 3 mapeos y el mapa de las trayectorias de las cortaduras 4D de cada una de las prácticas (3) y su correspondiente prueba con los instrumentos I y II; se muestra parte de los resultados de la construcción por parte de los estudiantes del grado 1101 del modelo girasol en la n-cortadura 3 (Gráfica 3).

Cada n-cortadura del SCAECH establece una clasificación del trabajo de los individuos (Gráfica 3) de acuerdo con la utilización de los recursos físicos, virtuales e interacción entre recursos físicos y virtuales, además de los tiempos de desarrollo en las construcciones. La clasificación posicional de los individuos en el SOM (subrayados de colores, Gráfica 3) es determinada por los valores de los pesos sinápticos del SOM que establece un mapeo vía invariantes, por tal motivo se puede establecer una cercanía o vecindad entre el trabajo de los individuos, dado que se produce una comprensión por parte del SOM de la información y se preservan las relaciones de vecindad de los datos con un mapeo no lineal de los conjuntos de datos.

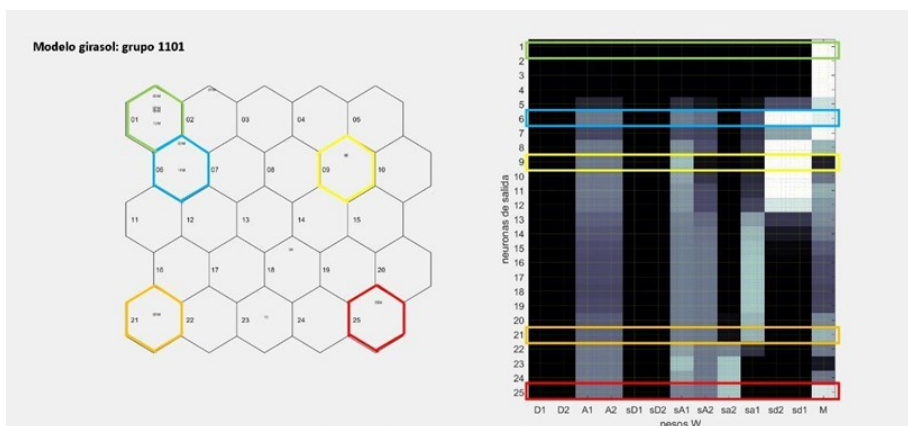
Una dinámica de trabajo en un entorno construccionista mediado por el SCAECH es igual si los sujetos en las n-cortaduras se clasifican en la misma neurona del SOM (Gráfica 3).Una dinámica de trabajo se considera similar si los sujetos están representados en neuronas cercanas del SOM en las n-cortaduras del SCAECH; una dinámica de construcción de un modelo es diferente si los sujetos están representados en neuronas lejanas del SOM en las n cortaduras del SCAECH (Gráfica 3).

Gráfica 3. n-cortaduras



Fuente. Elaboración propia.

### Gráfica 3. n-cortaduras



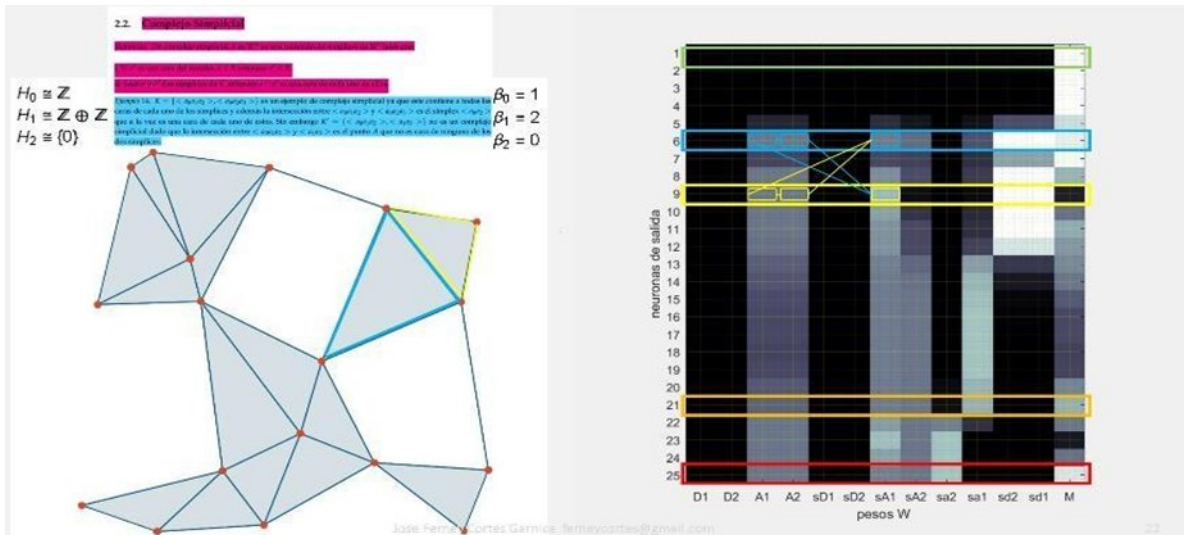
Fuente: El autor

Los mapas de n-cortaduras permitieron evidenciar al observador externo las agrupaciones en la actuación de los sujetos de acuerdo con los tipos de sensores actuadores en comparación con sus compañeros y de esta forma conocer el detalle de la construcción de modelos y su coherencia (Gráfica 3).

Los beneficios de descubrir patrones, correlaciones desconocidas puede ser de gran utilidad para dar soporte al proceso de toma de decisiones en la solución de problemas según Zuñiga, Luna y Lopez (2022). Esta investigación coincidió también con la captación de la dinámica del aprendizaje en tiempo real planteada por Serrano (2018), en cuanto a considerar la evaluación sigilosa con el fin de no alterar la dinámica de trabajo dentro del paradigma, la propuesta SCAECH logró potenciar las LA en entornos construccionistas al caracterizar la dinámica de aprendizaje en el marco de la complejidad vía software/hardware. Bonami, Piazzentini y Dala (2020) concluyen que las aplicaciones de la tecnología en la educación pueden tener una estrecha relación con los modelos pedagógicos, por medio de la tecnología como medio de almacenamiento e intercambio de información, lo evidencia el SCAECH en relación con el modelo construccionista de Papert y la evaluación en este tipo de entornos en la era de las plataformas; esta investigación utilizó la captación mediante la computadora similar Noss et al.(2019) y amplió la captación a los dispositivos físicos con los que el sujeto interactúa y a la acción de la interrelación software/hardware; el valor de esta investigación, además del desarrollo de un material propio de trabajo, se encuentra en el mapeo en tiempo real de las estructuras de conocimiento de Falbel (1993) y Vicario (2009) que ocurren mientras los sujetos construyen en un entorno construccionista en el marco de la complejidad que propone Maldonado (2014).

Cada color en el mapa de n-cortaduras (gama de grises) junto con los invariantes en función de las variables de entrada (eje x Gráfica 3) y las posiciones en la red neuronal (eje y Gráfica 3) determinan un conjunto de coordenadas linealmente independientes en el SCAECH que pueden representarse de forma matricial de la forma teniendo en cuenta las condiciones de Vargas (2017), si su representación se hace mediante coordenadas baricéntricas, entonces se puede representar mediante 2-simplex (Gráfica 4) donde cada punto del mapa de n-cortaduras es determinado por tres coordenadas linealmente independientes, que en conjunto pueden determinar un conjunto 2-simplex llamado conjunto simplicial SCAECH (Gráfica 4 imagen derecha).

**Gráfica 4.** Complejo simplicial SCAECH



Fuente: El autor

Los grupos de Homología  $H_0$ ,  $H_1$  y  $H_2$  (Gráfica 4) que evidencian los agujeros de dimensión 0, 1 y 2 en esta investigación no se establecieron como prioridad, por tanto, son una segunda investigación donde los resultados desde la topología algebraica serán obtenidos y contrastados en los entornos constructoristas para determinar el significado de los grupos de homología  $H_0$ ,  $H_1$  y  $H_2$  en entornos constructoristas.

## Conclusiones

El SCAECH caracteriza las estructuras del aprendizaje de los individuos en un entorno constructorista vía homología mediado por el modelamiento y la simulación en la educación media.

Se puede reconstruir la dinámica de construcción de un modelo en un entorno constructorista mediado por el SCAECH a partir de los resultados de las n-cortaduras y el mapa de trayectorias de cortaduras 4D del SCAECH.

Una dinámica de trabajo en la construcción de un modelo en un entorno constructorista mediado por el SCAECH, se considera igual si los sujetos se clasifican en las n-cortaduras en la misma neurona; una dinámica de trabajo se considera similar si los sujetos están representados en neuronas cercanas de la red neuronal de las n-cortaduras del SCAECH; una dinámica de construcción de un modelo es diferente si los sujetos están representados en neuronas lejanas de la red neuronal de las n cortaduras del SCAECH.

Al parecer cada una de las n-cortaduras se pueden representar con un complejo simplicial conformado por 2-simplices, lo que conlleva a establecer un funtor entre la categoría de entornos constructoristas definidos como espacios topológicos y la categoría de grupos abelianos a través del funtor  $H$  de Homología, los agujeros de dimensión  $n$  deben caracterizar el espacio topológico a través de los grupos libres.

## Bibliografía

- Amo, D. y Santiago, R. (2017). Learning Analytics: la narración del aprendizaje a través de los datos. Editorial UOC.
- Bobadilla, J. “Machine Learning y Deep Learning,”. Ediciones de la U. 2020.
- Bonami, B. Piazzentini, L. & Dala, A. (2020). Educación, BigData e Inteligencia Artificial. Comunicar, 65, 43-52. <https://doi.org/10.3916/c65-2020-04>
- Cortés, J. (2022). “Sistema de Caracterización del Aprendizaje en un Entorno Construccionalista vía Homología SCAECH en la Educación media en Colombia”. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=308084>
- Falbel, A. (1993). Construccionalismo. San José de Costa Rica: Ministerio de Educación Pública de Costa Rica. <https://bit.ly/3bqZ6uL>
- Guío, A. Tamayo, E. Gómez, P. y Mujica, M. (2021) Marco ético para la inteligencia artificial en Colombia. Departamento Administrativo de la Presidencia de la Republica. 2021. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3QVqRff>
- Hernández, R. C. Fernández C. y Baptista, M. “Metodología de la investigación,” Mc Graw Hill. pp. 151-152, 2014. Disponible en: <https://bit.ly/3brQuUG>
- Kohonen, T. (2014). “MATLAB Implementations and Applications of the Self Organizing Map,”. Aalto University School of science. <https://bit.ly/3l5tYNW>
- Kohonen, T.(1995) “Self-Organizing Maps,” Springer.
- Maldonado, C. (2014). ¿Qué es eso de pedagogía y educación en complejidad? Revista Inters-  
ticios Sociales, 7, 1-23. <https://doi.org/10.55555/is.7.51>
- Noss, R. & Hoyle, C. (2019). Micromundos, construccionalismo y matemáticas. Murcia (España): Revista Educación Matemática. 31(2), 7-21. <https://doi.org/10.24844/em3102.01>
- OSHA. (2012). “Open Source Initiative,” OSHA. <https://bit.ly/3OBfQOT>
- Raschka, S. y Mirjalili, V. (2017). “Python Machine Learning,”. Marcombo.
- Sabulsky, G. (2019) “Analíticas de aprendizaje para mejorar la enseñanza y el seguimiento a través de los entornos virtuales,” Argentina: Revista Iberoamericana de Educación, vol. 80, nº 1, pp. 13-30. <https://doi.org/10.35362/rie8013340>
- Stewart, C. (2017) “Learning Analytics: Shifting from theory to practice,” Journal on Empowering Teaching Excellence, vol. 1, nº 10, pp. 95-105. <https://bit.ly/3NDQAWN>
- Vargas, L. (2017) “Introducción a la homología simplicial y algunas consecuencias,” Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://bit.ly/3l7waEi>
- Vicario, C. (2009). Construccionalismo referente sociotecnopedagógico para la era digital. Revista Innovación educativa, 9(47), 45-50. <https://bit.ly/3y8BcMk>

- Zatarain, R. & Barrón, M. (2011). Herramienta de autor para la identificación de estilos de aprendizaje utilizando mapas autoorganizados en dispositivos móviles. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 13(1), 43-55. <https://bit.ly/3bxFWno>
- Zuñiga, I. Luna, F. & Lopez, I.(2022). Detección de rasgos en estudiantes con tendencia suicida en internet aplicando minería web. *Revista Comunicar*, 71, 105-117. <https://doi.org/10.3916/C71-2022-08>

Cortés Garnica, J. F. (2023). Herramienta con inteligencia artificial Para evaluación del aprendizaje en entornos constructivistas. *Revista Electrónica EDUCyT*, V. 14, (Extra), pp.805.-259.