

# KINECT TEAM: Sinestesia en el aprendizaje de las Matemáticas

---

Patricia Salinas Martínez, Eduardo González-Mendívil, Eliud Quintero Rodríguez, Héctor Ocampo Orona, Carlos Hernández Nieto  
Tecnológico de Monterrey  
npsalinas@itesm.mx

## Resumen

En este escrito se justifica y reporta el diseño de una aplicación con uso del sensor Kinect que está destinada a la apropiación de formas gráficas correspondientes a funciones de una variable real dentro de un primer curso de Cálculo. El diseño incluye un escenario y un personaje para promover la interacción. El estudiante tendrá oportunidad de involucrar el movimiento del puño de su mano para producir la simulación del movimiento en el personaje. La aplicación le llevará a reconocer diferentes tipos de movimientos y sus representaciones gráficas. Se promueve la apropiación de este conocimiento por parte del estudiante a través del manejo de gestos realizados con su mano.

**Palabras clave:** Cálculo, movimiento, sensor Kinect, gestualidad, gráficas

## 1. Antecedentes

En el Campus Monterrey se practica una didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la Matemática en las carreras profesionales que promueve la transferencia del conocimiento del Cálculo a las distintas áreas de especialidad. A través de él se enfatiza la aplicación del conocimiento que se aprende, favoreciendo que el estudiante comprenda la utilidad de su aprendizaje para la solución de problemas reales [1], [2], [3].

Con esta didáctica se plantea una forma diferente de interactuar con el contenido del sector curricular del Cálculo en el nivel universitario, que incluye cursos de Cálculo Diferencial e Integral, de Funciones de una y varias variables, y de Ecuaciones Diferenciales. Tecnologías especializadas, como hojas de cálculo y software de graficación, se han integrado en el desarrollo de los conocimientos, y el diseño didáctico invita a potenciar el aprendizaje a través de la interacción con esos recursos. El propósito de esta interacción es fomentar una *co-acción* con el recurso tecnológico de tal modo que permita considerarle con cierta calidad de “socio cognitivo” que, en respuesta a nuestras acciones, aporta elementos de reflexión, promueve la visualización y con ello, la comprensión de las Matemáticas. Este nuevo discurso se difunde a través de diferentes materiales didácticos, y entre ellos, una

colección de libros de texto apoya esta nueva forma de aprendizaje [4], [5], [6].

Contando con esta didáctica para enseñar-aprender Cálculo, es momento de incursionar en las nuevas tecnologías emergentes y valorarles al servicio del proceso educativo. En particular, tecnologías de Realidad Aumentada resultan atractivas en el sentido de hacer de la Matemática una “realidad” para el estudiante que, por otra parte, encuentra en sus conceptos “abstracciones intangibles” por la misma naturaleza de esta ciencia. El trabajo realizado en ese sentido durante la primera convocatoria de Novus ha permitido avanzar en la producción de RA, y a su vez, conformar un equipo de trabajo identificado con el propósito de brindar al estudiante una Matemática “tangible” que impacte de manera positiva en el aprendizaje. En este sentido, la colaboración y experiencia en innovación del Dr. Eduardo González Mendívil hacen factible la concepción y desarrollo de un nuevo producto [7].

Tecnología Educativa para el Aprendizaje de la Matemática (TEAM) es la forma de identificar al equipo de trabajo nombrado, que en esta ocasión se interesa en proponer la construcción de un nuevo modo de aprendizaje a través del uso del reconocimiento de gestos. Se busca involucrar el movimiento corporal en la interacción con el conocimiento matemático que estará representado en una realidad virtual; vemos en ello la oportunidad de aprender de

forma amena y diferente sobre los fenómenos de variación que son propios del Cálculo.

## 2. Propósito

Integrar el uso del reconocimiento de gestos al aprendizaje de las ideas de cambio y variación, propias del Cálculo, a través del diseño de una Aplicación con el sensor de movimiento KINECT.

## 3. Justificación

Integrar la tecnología emergente Kinect con fines educativos es posible gracias a que el equipo de investigación de Microsoft anunció en la primavera del 2011 su liberación con fines no comerciales; poco tiempo después se ofrece la adquisición de la versión comercial. Ese mismo año se liberó oficialmente el Windows Kinect Driver/SDK con librerías C/C++/C# para el uso del público en general y con ello es posible la creación de actividades de aprendizaje con interacción entre el humano y la computadora. La tecnología emergente Kinect ha motivado que investigadores y desarrolladores entusiastas de hardware busquen formas novedosas de usarle [8].

El avance reciente en tecnologías controladas por la gestualidad, como las tabletas y medios móviles que se basan en el contacto humano de nuestros dedos, han reformulado la discusión interactiva y la presentación en las clases. La cámara de profundidad basada en un rayo infrarrojo y la sensibilidad de respuesta al movimiento libre de manos, hacen del uso de Kinect una exitosa experiencia que posibilita un nuevo tipo de interacción entre humano y computadora. El proyecto de Vincent Tam y Ling-Shan Li [9] propone la integración de la cámara de Microsoft Kinect con teléfonos inteligentes para usarse como control de la discusión interactiva y control de presentaciones para equipar el futuro del Sistema Electrónico de Aprendizaje (e-learning).

La implementación del reconocimiento de la gestualidad en un uso interactivo presencial es atractiva además por la posibilidad de enfocarse en el movimiento de las manos. Sucipto, Harsoyo, y Rusmin [10] utilizan patrones en el movimiento de la mano de una posición a otra aprovechando a Kinect como un sensor altamente efectivo, aprovechando sus componentes de cámara de color, cámara infrarroja, transmisor infrarrojo, y sus cuatro micrófonos. Con esto el sensor puede captar imágenes 3D al capturar la profundidad de la imagen que es medida a través del transmisor y

cámara de infrarrojos. Con Kinect se pueden escanear áreas entre los 80 y los 300 centímetros, y esto ayuda a determinar el gesto emitido por el usuario.

Elementos lúdicos siempre han sido reconocidos como detonantes del proceso de aprendizaje, sobre todo en los primeros niveles educativos; sin embargo, en la educación universitaria ha imperado la transmisión rígida del conocimiento ya construido por otros con anterioridad. El aprendizaje se reconoce de poca versatilidad y falta de conexión con experiencias reales. Lee, Huang, Wu y Chen [11] llaman una “auténtica experiencia de aprendizaje” a aquella que se realiza con materiales o medios que están en conexión con experiencias reales y donde el aprendizaje tiene mayor oportunidad de ser realmente aprendido. El propósito de estos autores es brindar a los estudiantes más experiencias de aprendizaje auténticas en el mismo ambiente del salón de clases, donde se tiene la ventaja de interactuar cara a cara y con la guía y monitoreo del profesor.

La nueva tecnología de Kinect Microsoft, permite en la actualidad incursionar en experiencias donde la participación corporal del estudiante mueve a la curiosidad e invita a interactuar. Estas nuevas formas de aprender incluyen la creación de una escena virtual que estará representando al conocimiento matemático en la pantalla de la computadora, y por otra parte, a través del recurso tecnológico se hará posible la identificación de gestos realizados por el estudiante. Será de esta manera que la interacción entre estudiante y el conocimiento se refleje virtualmente en respuesta a la acción física realizada, brindándole nuevo conocimiento que se integre de manera natural a su saber.

El pensar en usar Kinect para aprender Matemáticas representa un reto. Si bien es cierto que la búsqueda realizada en la base Scopus informa de pocos (26) artículos que relacionan Kinect con Educación, no obstante, la importancia de tomar este reto se justifica con la creación de comunidades en Internet que le promueven; tal es el caso de Kinect Education (<http://www.kinecteducation.com/>) y Microsoft Partners in Learning (<http://www.pil-network.com/>).

Por otra parte y en relación con Educación en Matemáticas, debemos puntualizar el desarrollo de marcos teóricos para la investigación educativa donde se reconoce la importancia de

la interacción gestual en el proceso cognitivo de aprendizaje.

Núñez, [12] dentro del Congreso Internacional en Educación Matemática (ICME) subraya relaciones determinantes entre la Ciencia Cognitiva y los Fundamentos de la Matemática; en su Conferencia Plenaria argumenta sobre la importancia del lenguaje y la gestualidad en el desarrollo de la mente. Dentro del ámbito de la Investigación en Lingüística Cognitiva se ha reconocido el uso de *metáforas conceptuales*, en particular la del *movimiento ficticio*, que acompañan a ideas matemáticas y que las hacen posibles desde el punto de vista cognitivo. Estas expresiones metafóricas por naturaleza (como por ejemplo el decir que una sucesión de números tiende o se acerca a un número particular), aunque no son perceptibles en la realidad, sin embargo son elementos constituyentes de la idea matemática en sí. Las dificultades encontradas en todo el mundo para el aprendizaje de las versiones estáticas formales de conceptos matemáticos, que eliminan el uso de estas metáforas conceptuales, bien pudieran ser entendidas por las incompatibilidades que se producen en la actividad cognitiva que es requerida para trabajar con ellas. Este autor nos informa que en el nuevo milenio, la investigación desarrollada en Neuropsicología, Lingüística y Antropología, ha mostrado una íntima relación entre la producción oral y la gestual. Los gestos proveen de un contenido complementario al contenido que es hablado, y sugiere que es tiempo de focalizar nuestra atención a la producción gestual de quien habla y distinguir en ella los gestos que se realizan en objetos del mundo real y los gestos que se refieren a una idea abstracta que en sí misma no existe en el mundo real.

Con lo anterior vemos claras ventajas del uso de Kinect en el aprendizaje del Cálculo; visualizamos que la introducción intencional de gestos realizados con la mano para entender ideas matemáticas relacionadas con la variación, podrían funcionar como una parte constitutiva del proceso de aprendizaje, ayudando a promover acciones cognitivas que prosperen en la organización de las ideas matemáticas. Los mecanismos cognitivos como el *movimiento ficticio* y *metafórico* han ayudado a la mente humana a concebir ideas matemáticas complejas, y esto apoya nuestro propósito por hacer de Kinect un vehículo para la percepción dinámica que subyace en los conceptos del

Cálculo y que forma parte constitutiva de su concepción.

### 3. Diseño de la Aplicación

En el diseño de la aplicación se ha considerado una secuencia de actividades en las cuales el estudiante irá avanzando en cuanto a la apropiación de gestos realizados con su mano para interpretar el movimiento en línea recta. Este tema, el estudio del movimiento rectilíneo, es el escenario en el que se inicia la presentación del Cálculo nombrada en los antecedentes en este escrito. En esa didáctica los modelos matemáticos polinomiales se conciben como la solución al problema de predicción sobre el comportamiento del movimiento realizado por un objeto en línea recta. A partir del comportamiento de la velocidad, dado a través de una función polinomial de un grado menor, se construye la función de posición del objeto que realiza el movimiento. Ambas funciones dependen del tiempo.

Este acercamiento al estudio del movimiento permite una interpretación visual que es útil en la motivación para la construcción del modelo matemático. Hemos encontrado que resulta recomendable que el estudiante involucre su cuerpo al estudiar la situación. Por ejemplo, representar con su puño un movimiento hacia la derecha o hacia la izquierda, eso les exige una coordinación motora que en ocasiones sorprende a los estudiantes. Esto se va complicando a medida que los hacemos pensar en un movimiento cada vez más rápido o cada vez más lento, combinando con el sentido derecha o izquierda.

Con intención de hacer vivir al estudiante esa coordinación a través del sensor Kinect, se trabajó el diseño de un personaje, DOT, que aparecerá en la actividad para simular el puño del estudiante y con él la representación visual del movimiento.



Figura 1. Personaje DOT.

El escenario para ofrecer la experiencia con DOT se ha llamado CINEMATEC, en esta forma se presentan tres diferentes entradas a diferentes “presentaciones” dentro de la aplicación. Cada una de las cuales tendrá un objetivo de apropiación diferente, como lo describiremos enseguida.



Figura 2. Aplicación CINEMATEC.

En la primera puerta se inicia la interacción explicando al estudiante el modo en que puede simular su propio puño con el personaje DOT. Se le darán instrucciones sobre el tipo de movimiento por realizar y el sensor simulará el movimiento con DOT y trazará la gráfica de la función de posición en la pantalla del cinema. El objetivo es que el estudiante relacione el movimiento con la gráfica de posición.

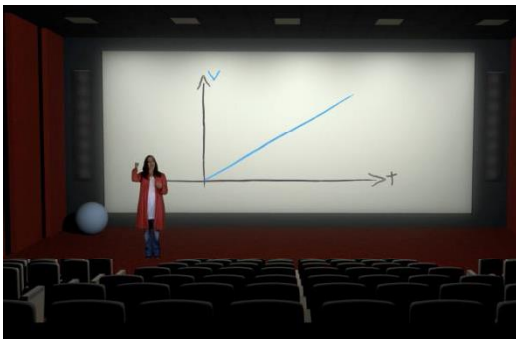


Figura 3. DOT simula el puño del estudiante.

En la siguiente escena, al realizar el movimiento el estudiante, la aplicación graficará la función de velocidad correspondiente. La idea es que el estudiante se apropie de ambas representaciones gráficas y que sea capaz al final de asociar de manera inmediata el tipo de movimiento con las dos gráficas correspondientes.

Al entrar en la siguiente puerta, el estudiante tendrá la oportunidad de recibir instrucciones de DOT y seleccionar entre las gráficas de posición y de velocidad que aparecerán en tres columnas, aquellas que representan al movimiento que DOT le especificó. Se trata de

un juego en el que el paso de las gráficas va a ir acelerándose, de modo que el estudiante debe utilizar su mano y con el sensor funcionando, alcanzar la mayor cantidad posible de gráficas que sean correctas para lo que estaba dicho en las instrucciones.

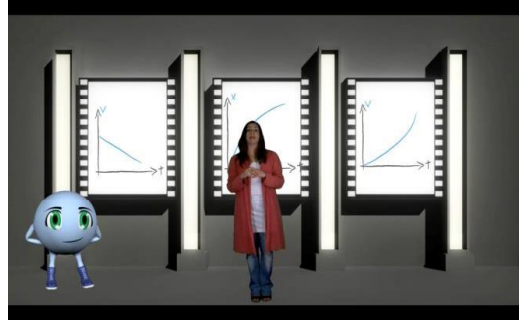


Figura 4. Escenario para acumular las gráficas correctas posibles según instrucciones de DOT.

Finalmente, la última puerta está destinada para que el estudiante pueda “desprenderse” de la simulación del movimiento a través de su puño asociado con DOT, porque ahora el trazado que deberá realizar será el de la gráfica de posición o bien de velocidad que le sea solicitada por DOT. Este gesto lo realiza el estudiante con su mano como si estuviese dibujando en la pantalla, donde aparecen los ejes coordenados para contener el trazado hecho en el aire por el estudiante. Se espera que con esta etapa el estudiante se haya apropiado de las formas gráficas involucradas y que la asociación la haga cada vez de forma más rápida.

Al final, los conocimientos sobre gráficas de función de velocidad y de posición que se asocian con un movimiento hacia la derecha (o izquierda) y realizado de una manera cada vez más rápido (o cada vez más lento) deben ser un fruto de la interacción con la Aplicación a través del sensor Kinect.

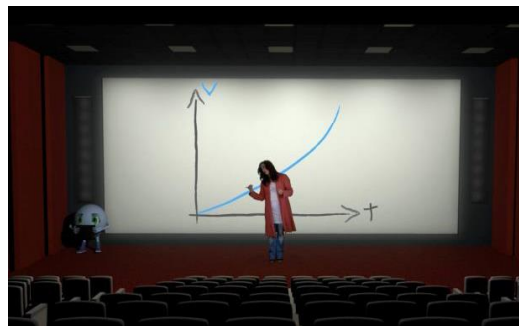


Figura 5. La tercera puerta para la apropiación de gestos en el trazado de curvas y captura por Kinect.

Este proyecto se retoma actualmente por el estudiante de Doctorado en Innovación Educativa Héctor Ocampo Orona, que es dirigido por la Dra. Patricia Salinas Martínez en su investigación. De este modo se fortalece TEAM un equipo de estudiantes de este doctorado que laboran en pro de la Tecnología Educativa para el Aprendizaje de las Matemáticas. Las aportaciones de TEAM a la innovación educativa buscan producir recursos didácticos con apoyo en tecnologías emergentes que sean investigados en su aportación al proceso educativo. Buscamos fundamentar la innovación educativa en la investigación educativa, y siempre proponiendo recursos en los que la tecnología sea un agente de cambio en la forma de aprender las Matemáticas.

#### 4. Referencias

- [1] J. A. Alanís y P. Salinas, "Cálculo de una variable: Acercamientos newtoniano y leibniziano integrados didácticamente", *El Cálculo y su Enseñanza*, 2, pp 1-14 (2010).
- [2] P. Salinas y J. A. Alanís, "Hacia un nuevo paradigma en la enseñanza del Cálculo", *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*; **12**(3), pp 355-382 (2009).
- [3] P. Salinas, J. A. Alanís y R. Pulido, "Cálculo de una variable: Reconstrucción para el aprendizaje y la enseñanza", *DIDAC*, 56-57, pp 62-69 (2011).
- [4] P. Salinas, J. A. Alanís, R. Pulido, F. Santos, J. C. Escobedo y J. L. Garza, *Cálculo aplicado: Competencias matemáticas a través de contextos* Tomo 1, CENGAGE, México, DF (2012).
- [5] P. Salinas, J. A. Alanís, R. Pulido, F. Santos, J. C. Escobedo y J. L. Garza, *Cálculo aplicado: Competencias matemáticas a través de contextos* Tomo 2, CENGAGE, México, DF (2012).
- [6] P. Salinas, J. A. Alanís, R. Pulido, F. Santos, J. C. Escobedo y J. L. Garza, *Cálculo aplicado: Competencias matemáticas a través de contextos* Tomo 3, CENGAGE, México, DF (2013).
- [7] M. H. Bremer-Bremer, E. González-Mendivil y E. R. Mercado-Field, "Teaching creativity and innovation using sustainability as driving force International", *Journal of Engineering Education*, 27, pp 430-437 (2010).
- [8] Villaroman, N., Rowe, D., & Swan, B., "[Teaching Natural User Interaction Using OpenNI](#)," SIGITE'11, Conference on Information Technology Education (2011).
- [9] Tam, V.; Ling-Shan Li, "Integrating the Kinect camera, gesture recognition and mobile devices for interactive discussion," Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE). IEEE International Conference (2012).
- [10] Sucipto, A.; Harsoyo, A.; Rusmin, P.H. "Implementation of gesture recognition on aquarium application," System Engineering and Technology (ICSET), International Conference (2012).
- [11] Wan-Ju Lee; Chi-Wen Huang; Chia-Jung Wu; Shing-Tsaan Huang; Gwo-Dong Chen. "The Effects of Using Embodied Interactions to Improve Learning Performance," Advanced Learning Technologies (ICALT), IEEE 12th International Conference (2012).
- [12] Nuñez, R. "Language, gesture, and the embodied mind: Cognitive Science and the foundations of Mathematics," ICME 10, International Congress on Mathematical Education (2004).