

Experiencia en el uso de la calculadora gráfica de MathLab para el desarrollo de funciones en series de potencias

Experience in using the MathLab graphing calculator for the development of functions in power series

Yosbel Morales Olivera¹

Ramón Blanco Sánchez²

Resumen

El trabajo muestra una experiencia del uso de la calculadora gráfica de MathLab para desarrollar funciones en series de potencias. Para analizar el impacto del uso de esta aplicación se dividió el grupo de segundo año de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz en dos subgrupos durante una clase, uno usó la aplicación y el otro no. Al finalizar la clase se aplicó una encuesta a ambos subgrupos para comparar los resultados obtenidos. Se verificó que el uso de esta aplicación ayuda al estudiante a realizar las representaciones gráficas de las funciones y sus desarrollos en series de potencias con mayor calidad y rapidez. Contribuye también a la comprensión de la convergencia del desarrollo en series de potencias a la función dentro del intervalo de convergencia a medida que aumenta el número de términos del desarrollo. Finalmente, el uso de la aplicación logra mayor interacción entre los alumnos y contribuye a motivarlos hacia el estudio de la Matemática y el uso del teléfono como herramienta en la comprensión de esta.

Palabras clave: Representación, gráfica, series, potencias, MathLab

¹ Licenciado en Matemática. Máster en Enseñanza de la Matemática, Profesor Auxiliar. Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Cuba, E-mail: yosbelmorales1980@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1841-2866>

² Licenciado en Matemática. Doctor en Enseñanza de la Matemática, Profesor Titular. Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Cuba. E-mail: ramonblancord805@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5053-281x>



Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

Creative Commons Atribución 4.0

Abstract

The paper shows an experience of using MathLab's graphing calculator to develop functions in power series. To analyze the impact of the use of this application, the second-year group of the Electrical Engineering career of the University of Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz was divided into two subgroups during a class, one used the application and the other did not. At the end of the class, a survey was applied to both subgroups to compare the results obtained. It was verified that the use of this application helps the student to make graphical representations of the functions and their development in power series with greater quality and speed. It also contributes to the understanding of the convergence of power series development to the function within the convergence interval as the number of development terms increases. Finally, the use of the application achieves greater interaction between students and contributes to motivate them towards the study of Mathematics and the use of the telephone as a tool in the understanding of it.

Keywords: Graphic, representation, powers, series, MathLab

Introducción

En la actualidad los teléfonos móviles constituyen un elemento muy utilizado por la sociedad. Además de su uso como medio de comunicación, estos teléfonos se utilizan con diversos fines. Cada día, como ocurre en general con las Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones (TIC), aparecen nuevos teléfonos con mejores características y cada vez más avanzados en cuanto a su uso y funcionalidades.

Desde edades muy tempranas los niños comienzan a interactuar con los celulares, ya sea para jugar, ver dibujos animados entre otras cuestiones. En las aulas universitarias existe un número elevado de estudiantes y profesores que poseen teléfonos móviles. No son pocos los

profesores que ven este fenómeno como algo negativo, pues los estudiantes tienden a distraerse con el uso de los celulares, descuidando la atención que deben prestar a las clases.

En Mendoza (2014) la autora asevera que los teléfonos celulares se han ido convirtiendo en aparatos que están presentes en la mayoría de las actividades de la vida cotidiana de las personas, y que afectan de forma especial a las personas más jóvenes, por lo que cabe cuestionarse entonces, si estos objetos que poseen variados usos y significaciones pueden favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje al utilizarlos como instrumentos pedagógicos.

Resulta interesante entonces pensar en formas de usar estos dispositivos tan populares de forma tal que en vez de causar dificultades a la hora de desarrollar el Proceso de Enseñanza Aprendizaje de la Matemática (PEAM), convirtiéndose en un obstáculo, puedan usarse para favorecer este proceso, convirtiéndose en un poderoso instrumento para desarrollar el mismo.

En Morales y Blanco (2019) se realiza un estudio sobre el uso de las TIC (específicamente los asistentes matemáticos) en el (PEAM) en las carreras de ingeniería de la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. En ese trabajo se comprueba que se usan los asistentes matemáticos de acuerdo a la experiencia y dominio que posee cada profesor de los mismos. Además, siempre mediante clases de laboratorio con el uso de las computadoras y con muy pocas frecuencias en el curso. En el trabajo nunca se menciona por parte de los profesores el uso de los celulares para la enseñanza de la Matemática.

En el presente trabajo se usa la calculadora gráfica de Matlab para realizar una clase práctica de desarrollos de funciones en series de potencias en el segundo año de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. Para realizar la clase el aula es dividida en dos subgrupos donde unos trabajarán usando la calculadora gráfica de

Mathlab y el otro trabajará de forma tradicional. Al final de la clase se realiza una encuesta (ver anexo A) a ambos subgrupos para comparar los resultados.

Desarrollo

Existen muchas experiencias en el uso de las TIC en el PEAM y muchos investigadores trabajan constantemente en este tema. En Bakker et al., (2023) se realiza una investigación en un total de 44 países preguntando ¿En qué temas debería centrarse la investigación en educación matemática en la próxima década? En el trabajo se procesan un total de 229 respuestas y entre los 8 temas más mencionados aparece la tecnología.

Según plantean los autores, varios de los encuestados explicaron que los avances tecnológicos en la sociedad hacen que los objetivos sociales y educativos de la educación matemática deban modificarse. Por otro lado, los encuestados también explican que la tecnología puede usarse para aprender Matemática y entre otras utilidades mencionan la visualización. En este trabajo los encuestados también mencionaron la tecnología móvil como esencial, por ejemplo, durante la pandemia para aprendizaje a distancia, entre otras utilidades.

En Nouralhuda (2014) el autor asegura que el estudiante pierde interés para aprender la Matemática cuando esta se le enseña solamente en la forma tradicional, para él se evidencia el cambio necesario que debe realizarse al plan de clases de Matemática, para adaptarlo al uso de las TIC, y de esta forma enseñar a los alumnos a usar estas para visualizar, investigar y analizar conceptos matemáticos.

Según Navarrete y Mendieta (2018) usar los teléfonos celulares motiva mucho a los estudiantes y despierta su interés, esto porque ellos han nacido en la llamada era digital, o lo que es lo mismo, son los llamados nativos de la era tecnológica. Este hecho induce de forma obligatoria cambios sustanciales en la metodología a usar en el PEA, obligando al docente a

diseñar técnicas y estrategias novedosas, con el propósito de alcanzar un aprendizaje significativo y contribuir así a elevar la calidad de la educación.

A criterio de Carrasco et al., (2012) las tecnologías desarrollan las capacidades de los alumnos para calcular y son instrumentos útiles y muy precisos y dinámicos cuando se usan para graficar permitiendo a los alumnos interactuar con los objetos matemáticos en ambientes mucho más realistas. Por lo que, en el campo de la matemática, hacer un uso correcto de las TIC contribuye a la introducción de formas novedosas para realizar el PEAM.

En Campuzano et al., (2021) se plantea que hace años atrás se viene hablando sobre los disímiles contextos educativos desde una perspectiva tecnológica, porque no cabe dudas de que los teléfonos celulares, entre otros dispositivos, tienen una presencia que es cada día más grande en la mayoría de las esferas de la vida. Esta es la razón por la cual el uso de estas tecnologías es prácticamente forzoso en la vida cotidiana. Siendo así, la educación ha tenido que incorporar también, el uso de algunos dispositivos móviles por su gran influencia en el PEAM, teniendo en cuenta el contexto, o sea, la realidad que vive la enseñanza en cada lugar, tanto en cuanto a infraestructura tecnológica como a los programas que deben estar diseñados para este tipo de aprendizaje.

Según se puede ver en Rangel et al., (2019), las tecnologías móviles brindan la oportunidad al alumno de aprender por ellos mismos apoyándose en aplicaciones y contando con la orientación de un diseño instruccional básico. En ese mismo trabajo se plantea que según la UNESCO los teléfonos móviles son utilizados por alumnos y profesores alrededor del mundo para entre otras cuestiones, acceder a información y facilitar el Proceso de Enseñanza Aprendizaje (PEA) de una forma novedosa.

Basantes et al., (2017) muestran los resultados de un estudio realizado sobre el uso de los dispositivos móviles en el PEA, entre los que se pueden mencionar: Alumnos y profesores aseguran que sería de su agrado el uso de dispositivos móviles en el PEA; Casi todos los alumnos y profesores usan sus dispositivos móviles para la comunicación, así como para fines de entretenimiento pero en un porcentaje pequeño para fines educativos, mostrando que estos dispositivos están siendo subutilizados, pues ellos poseen numerosos recursos que pueden favorecer el PEA. Se pudo observar la predisposición por parte de los profesores para usar los dispositivos móviles en el ámbito educativo, aun cuando el uso de estos les ayudó a incrementar de una forma notable la motivación, el acompañamiento y la comunicación directa.

Tal como ya fue mencionado en este trabajo, el uso cotidiano del teléfono celular crece y día a día aparecen nuevas aplicaciones en los celulares para diferentes fines. En el caso la Matemática también existen muchas aplicaciones para celulares que ayudan a resolver disímiles problemas relacionados con esta ciencia. Tal es el caso por ejemplo de la Calculadora Gráfica de MathLab.

Esta es una aplicación que se puede descargar gratis de internet y que además de funcionar como una calculadora científica es capaz de realizar la representación gráfica de funciones. Permite representar funciones implícitas, paramétricas y puede mostrar los puntos críticos de las mismas. Con ella también se pueden representar varias funciones en un mismo sistema de coordenadas entre otras funcionalidades.

Duval (1993), plantea que la existencia de los objetos matemáticos está dada a nivel conceptual, razón por la cual resulta obligatorio materializar los mismos usando representaciones semióticas para operar con ellos, y como cada representación del objeto solamente muestra

algunos aspectos del mismo, se necesita realizar cambios en la representación del mismo objeto con la finalidad de lograr que los alumnos lo comprendan integralmente.

Una de las características esenciales de los objetos matemáticos es que no son ostensivos, lo que constituye un elemento importante que identifica la ontología de la Matemática. También se pueden mencionar otros elementos tales como, el lenguaje particular de esta ciencia, el ser medio y objeto en sí misma y su lógica propia de desarrollo. (Báez y Blanco, 2022). Aspectos que evidentemente deben ser tenidos en cuenta en el proceso enseñanza aprendizaje de la Matemática.

Por las referidas razones el profesor de Matemática debe tener presente que para trabajar con los objetos matemáticos tiene que valerse de representaciones de los mismos mediante el uso de la simbología Matemática y el lenguaje matemático, dos elementos que posee esta ciencia y que la hacen única en este sentido. En esta ciencia resulta de vital importancia que el estudiante interactúe con varias representaciones de un mismo objeto siempre que esto sea posible y que sea capaz de pasar de una representación a otra del mismo objeto.

En Tineo et al., (2017) se explica que los conceptos matemáticos son concretizados a nivel de pensamiento en el ser humano, a medida que este entiende sus características esenciales y las separa de las representaciones semióticas del concepto, sean estas gráficas, analíticas, literales o simbólicas. Se debe tener en cuenta que las representaciones de un objeto matemático no constituyen el objeto.

Experiencia en el uso de la Calculadora Gráfica de MathLab

En el presente trabajo se expone una experiencia en el uso de la Calculadora Gráfica de MathLab en el tema de series de potencias en la asignatura de Matemática III en el segundo año de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz.

Durante el desarrollo de las clases previas de este tema los estudiantes ya conocen como calcular el dominio de convergencia de las series de potencias y conocen también como desarrollar funciones en series de Taylor. Existe la posibilidad de realizar la representación tanto algebraica como gráfica tanto de la función a desarrollar, como del desarrollo obtenido para un número fijo de términos. Esto ayuda al estudiante a ver en la gráfica lo que ocurre con la función y con el desarrollo obtenido tanto dentro como fuera del dominio de convergencia; tal como se explicó anteriormente la representación del objeto en diferentes registros permite al estudiante una mejor comprensión del objeto de estudio.

La representación en la forma gráfica permite al estudiante materializar el objeto en un nuevo registro y así comprender mejor que dentro del dominio de convergencia el desarrollo obtenido se acerca a la función a medida que aumenta el número de términos del desarrollo sumados (el desarrollo converge a la función). Pero mostrar de forma gráfica funciones al estudiante en una pizarra, aun cuando se usen los medios necesarios, no tendrá un elevado nivel de precisión, además de consumir mucho tiempo para la realización de cada representación gráfica por parte del profesor o el alumno que sea seleccionado para realizarla en la pizarra. Es por todo esto que se propone usar un medio auxiliar para realizar las representaciones gráficas.

Pudieran usarse muchos medios auxiliares para la realización de las representaciones gráficas, tales como laptop, tablet, etc, pero como ya se ha mencionado el teléfono móvil constituye un elemento usado por un porcentaje muy alto de estudiantes y profesores en la actualidad, pudiera decirse incluso, que resulta difícil encontrar otro dispositivo que los estudiantes posean en mayor medida en el aula que el teléfono celular, por lo que se propone usar el celular para la realización de las representaciones gráficas en el aula.

También se conoce que existen muchas aplicaciones para celulares que resuelven problemas matemáticos, pero en este trabajo se propone usar la Calculadora Gráfica de MathLab, de la cual ya se habló con anterioridad. Para la realización de la clase se les dio a los estudiantes la dirección para descargar la aplicación.

El grupo cuenta con una matrícula de 46 estudiantes, de los cuales un total de 3 estudiantes (6,5 %) no poseen teléfono celular y otros 2 (4,3 %) poseen teléfonos sin las prestaciones suficientes para instalar la aplicación que se va a utilizar, o sea que 5 estudiantes no cuentan con los medios técnicos para trabajar en la clase (10,8 %). Estos datos muestran lo expresado anteriormente referente al porcentaje de estudiantes que poseen teléfonos celulares en las aulas universitarias.

Esta cifra de teléfonos móviles disponibles (41) es un número muy superior al número de computadoras con las que se cuenta para una clase de laboratorio, lo que provocaría la división del grupo de clases en dos subgrupos. Además, todas las clases no son de laboratorio, o sea que en el caso del teléfono celular puede ser usado en cualquier clase y siempre anda con el estudiante, por lo que este puede usarlo en cualquier momento, no solamente en el momento de la clase. Además, con el uso del celular no es necesario coordinar el uso de del laboratorio, ni realizar movimiento de los estudiantes hacia el laboratorio y luego regresar al aula.

No es necesario que haya energía eléctrica para trabajar con el uso de los celulares, otra cuestión que puede entorpecer el uso de un laboratorio donde las computadoras si necesitan energía eléctrica. No es necesario el uso de internet para trabajar con la aplicación que se va a usar, aunque de haber conexión sería mucho mejor pues les facilitaría a los estudiantes interactuar entre ellos e intercambiar información de una forma muy sencilla.

El aula fue dividida en dos subgrupos de 23 estudiantes cada uno para realizar la clase, en uno de los subgrupos se trabajó con la aplicación en el celular y en el otro se trabajó de forma tradicional. Al concluir la clase se aplicó una encuesta (ver anexo) a los alumnos con el fin de comparar los resultados obtenidos al usar la aplicación en el celular y al no usar la misma.

Para ilustrar lo explicado, se muestran 3 ejemplos; pero claramente el uso de la TIC posibilita trabajar con una mayor cantidad de ejemplos y ejercicios para que los estudiantes consoliden el material estudiado.

Ejercicio 1. Sea la función $f(x) = e^x$

- Desarrollar en serie de Taylor la función alrededor del punto $x = 0$.
- Calcular el intervalo donde existe el desarrollo obtenido.
- Obtener los polinomios correspondientes a los valores desde $n = 0$ hasta $n = 6$.
- Representar la función y el desarrollo obtenido en un mismo sistema de coordenadas para los valores desde $n = 0$ hasta $n = 6$.

Solución

$$a) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!}$$

$$b) (-\infty; +\infty)$$

$$c) \text{ Para } n = 0 \quad p(x) = 1$$

$$\text{Para } n = 1 \quad p(x) = 1 + x$$

$$\text{Para } n = 2 \quad p(x) = 1 + x + \frac{x^2}{2}$$

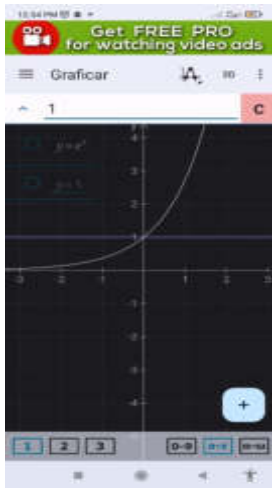
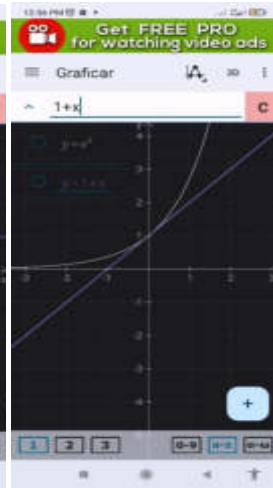
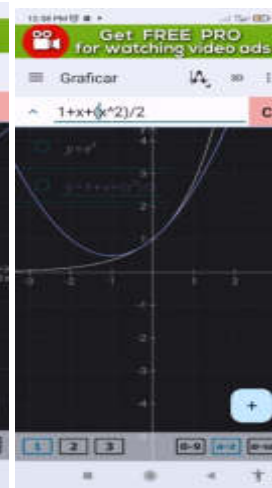
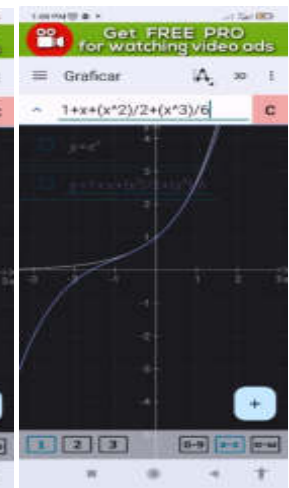
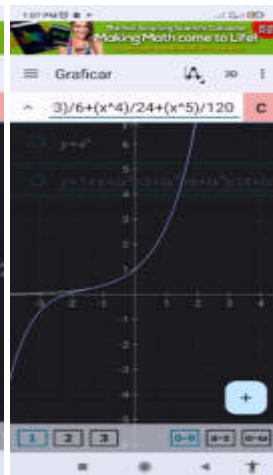
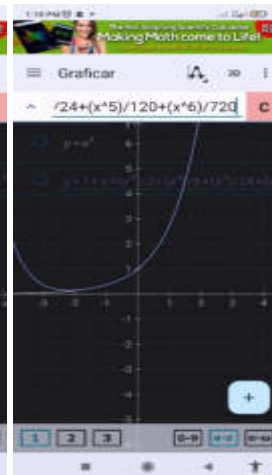
$$\text{Para } n = 3 \quad p(x) = 1 + x + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{6}$$

$$\text{Para } n = 4 \quad p(x) = 1 + x + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{6} + \frac{x^4}{24}$$

$$\text{Para } n = 5 \quad p(x) = 1 + x + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{6} + \frac{x^4}{24} + \frac{x^5}{120}$$

$$\text{Para } n = 6 \quad p(x) = 1 + x + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{6} + \frac{x^4}{24} + \frac{x^5}{120} + \frac{x^6}{720}$$

d) A continuación, se muestran las representaciones gráficas de la función e^x y los desarrollos en series de Taylor para los valores desde $n = 0$ hasta $n = 6$ usando la Calculadora Gráfica de MathLab.

Figura 1 $n = 0.$ **Figura 2** $n = 1.$ **Figura 3** $n = 2.$ **Figura 4** $n = 3.$ **Figura 5** $n = 4.$ **Figura 6** $n = 5.$ **Figura 7** $n = 6.$ 

Ahora con las representaciones gráficas obtenidas el profesor hace notar a sus estudiantes como a medida que aumenta el grado del polinomio (se suman más términos del desarrollo) el polinomio y la función están cada vez más “próximos”, sin importar el valor de x .

Ejercicio 2. Sea la función $f(x) = \frac{1}{1-x}$

- Desarrollar en serie de Taylor la función alrededor del punto $x = 0$.
- Calcular el intervalo donde existe el desarrollo obtenido.
- Obtener los polinomios correspondientes a los valores desde $n = 0$ hasta $n = 6$.
- Representar la función y el desarrollo obtenido en un mismo sistema de coordenadas para los valores desde $n = 0$ hasta $n = 6$.

Solución

a) $\sum_{n=0}^{\infty} x^n$

b) $(-1; 1)$

c) Para $n = 0$ $p(x) = 1$

Para $n = 1$ $p(x) = 1 + x$

Para $n = 2$ $p(x) = 1 + x + x^2$

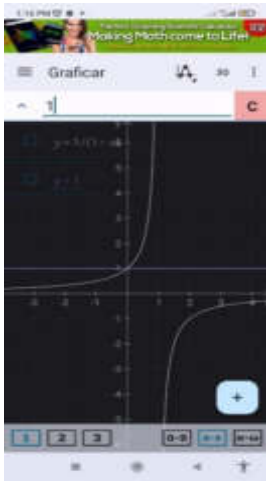
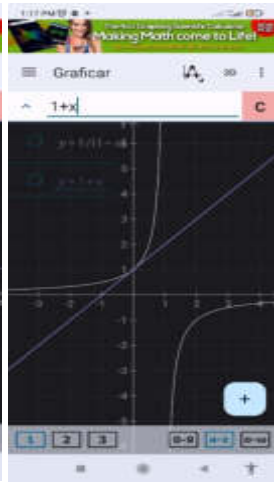
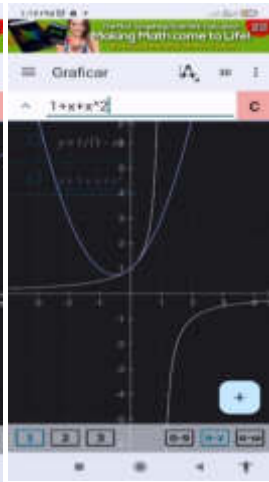
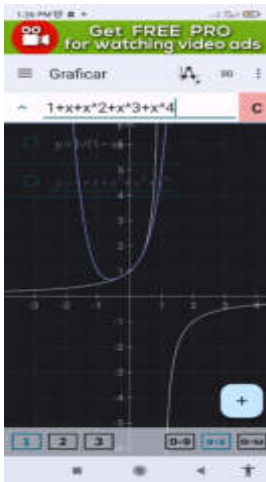
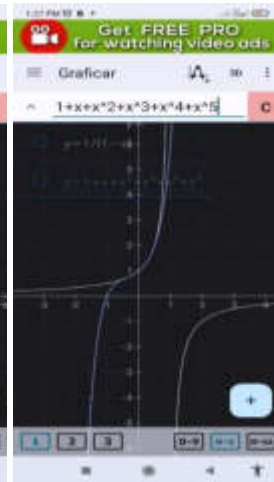
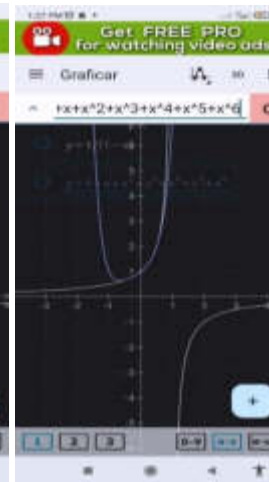
Para $n = 3$ $p(x) = 1 + x + x^2 + x^3$

Para $n = 4$ $p(x) = 1 + x + x^2 + x^3 + x^4$

Para $n = 5$ $p(x) = 1 + x + x^2 + x^3 + x^4 + x^5$

Para $n = 6$ $p(x) = 1 + x + x^2 + x^3 + x^4 + x^5 + x^6$

d) A continuación, se muestran las representaciones gráficas de la función $\frac{1}{1-x}$ y los desarrollos en series de Taylor para los valores desde $n = 0$ hasta $n = 6$ usando la Calculadora Gráfica de MathLab.

Figura 8 $n = 0$ **Figura 9** $n = 1$ **Figura 10** $n = 2$ **Figura 11** $n = 3$ **Figura 12** $n = 4$ **Figura 13** $n = 5$ **Figura 14** $n = 6$ 

Ahora con las representaciones gráficas obtenidas el profesor hace notar a sus estudiantes como a medida que aumenta el grado del polinomio (se suman más términos del desarrollo) el

polinomio y la función están cada vez más “próximos”, siempre que $-1 < x < 1$ y fuera de este intervalo las funciones se alejan.

Ejercicio 3. Sea la función $f(x) = \frac{1}{1+x}$

- Desarrollar en serie de Taylor la función alrededor del punto $x = 0$.
- Calcular el intervalo donde existe el desarrollo obtenido.
- Obtener los polinomios correspondientes a los valores desde $n = 0$ hasta $n = 6$.
- Representar la función y el desarrollo obtenido en un mismo sistema de coordenadas para los valores desde $n = 0$ hasta $n = 6$.

Solución

a) $\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n x^n$

b) $(-1; 1)$

c) Para $n = 0$ $p(x) = 1$

Para $n = 1$ $p(x) = 1 - x$

Para $n = 2$ $p(x) = 1 - x + x^2$

Para $n = 3$ $p(x) = 1 - x + x^2 - x^3$

Para $n = 4$ $p(x) = 1 - x + x^2 - x^3 + x^4$

Para $n = 5$ $p(x) = 1 - x + x^2 - x^3 + x^4 - x^5$

Para $n = 6$ $p(x) = 1 - x + x^2 - x^3 + x^4 - x^5 + x^6$

- d) A continuación, se muestran las representaciones gráficas de la función $\frac{1}{1+x}$ y los desarrollos en series de Taylor para los valores desde $n = 0$ hasta $n = 6$ usando la Calculadora Gráfica de MathLab.

Figura 15

Figura 16

Figura 17

Figura 18

$n = 0$ 

Figura 19

 $n = 1$ 

Figura 20

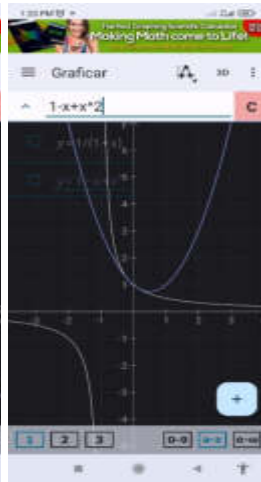
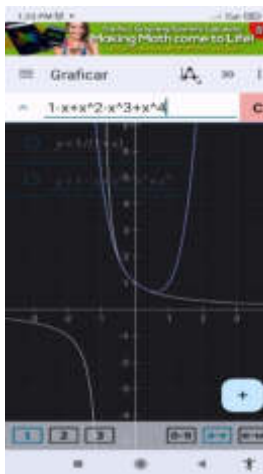
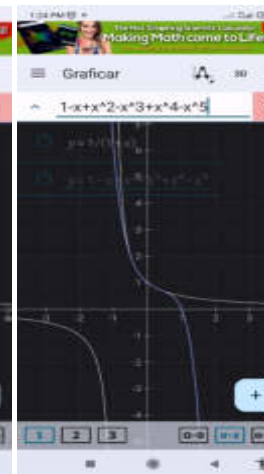
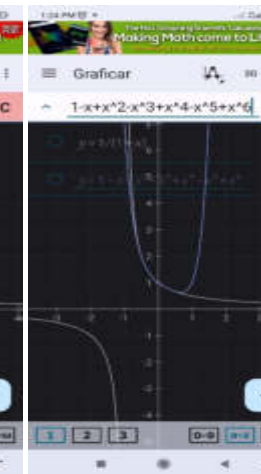
 $n = 2$ 

Figura 21

 $n = 3$  $n = 4$  $n = 5$  $n = 6$ 

Ahora con las representaciones gráficas obtenidas el profesor hace notar a sus estudiantes como a medida que aumenta el grado del polinomio (se suman más términos del desarrollo) el polinomio y la función están cada vez más “próximos”, siempre que $-1 < x < 1$ y fuera de este intervalo las funciones se alejan.

Análisis de los resultados de la encuesta

A continuación, se mostrarán las respuestas dadas por ambos subgrupos a las preguntas formuladas en la encuesta que fue aplicada al concluir la clase.

Yosbel Morales Olivera, Ramón Blanco Sánchez

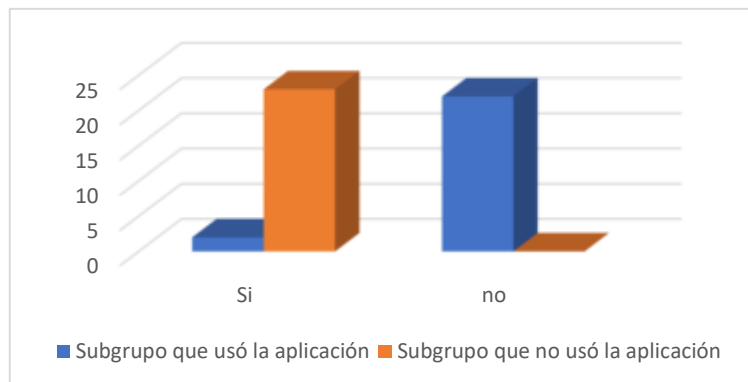
Volumen x, Número y, Año z. Mes I-Mes F. (lo asigna la revista) <http://revistas.ult.edu.cu/index.php/didascalía>

1. ¿Considera que requiere demasiado tiempo para resolver los ejercicios propuestos? Si No.

La siguiente gráfica muestra las respuestas a esta pregunta:

Figura 22.

Respuestas a la pregunta 1 de la encuesta

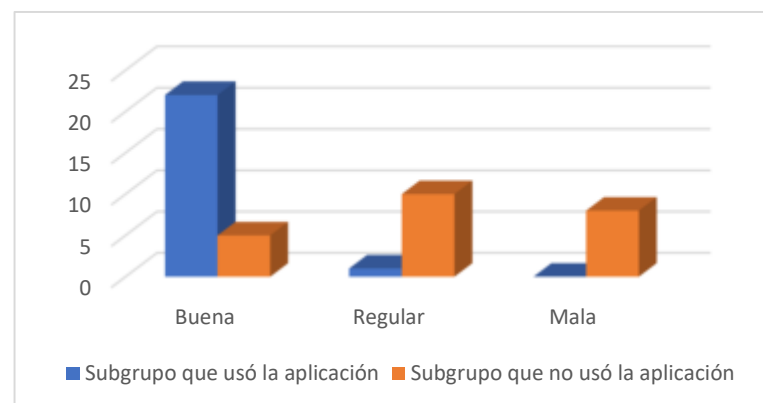


2. Califique en buena regular o mala la precisión de las representaciones gráficas realizadas.

La siguiente gráfica muestra las respuestas a esta pregunta:

Figura 23.

Respuestas a la pregunta 2 de la encuesta

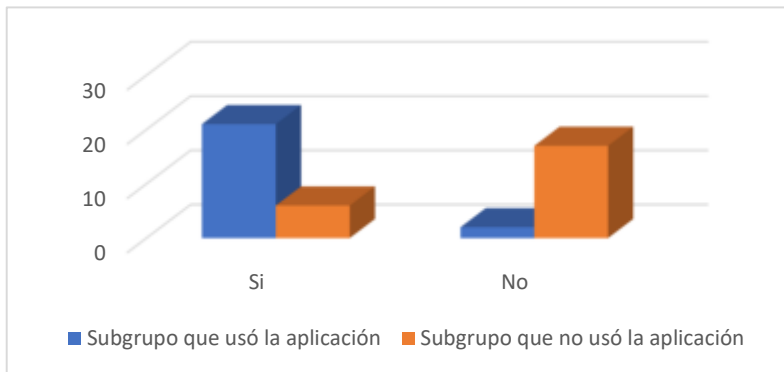


3. ¿Le ayuda a visualizar la convergencia del desarrollo de las series de Taylor a la función a partir de las gráficas realizadas? Si No

La siguiente gráfica muestra las respuestas a esta pregunta:

Figura 24

Respuestas a la pregunta 3 de la encuesta



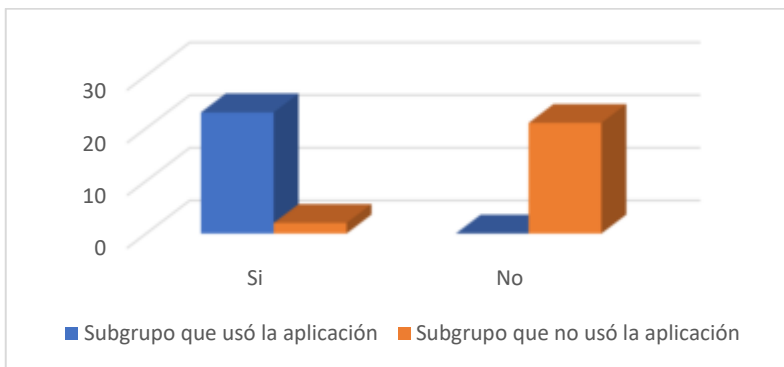
4. ¿Resultaría fácil hacer modificaciones en las representaciones gráficas realizadas? Si

No

La siguiente gráfica muestra las respuestas a esta pregunta:

Figura 25

Respuestas a la pregunta 4 de la encuesta

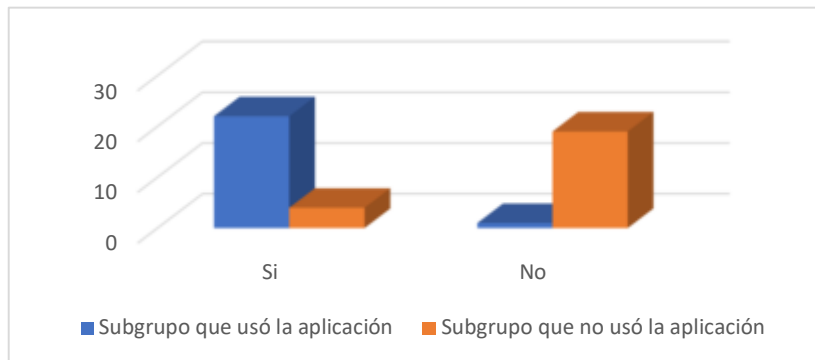


5. ¿Es posible analizar en detalles las representaciones gráficas realizadas en un intervalo muy pequeño o muy grande? Si No

La siguiente gráfica muestra las respuestas a esta pregunta:

Figura 26.

Respuestas a la pregunta 5 de la encuesta



Se pudo observar durante la clase y a través de las respuestas dadas por los estudiantes a las preguntas de la encuesta aplicada que el nivel de motivación en los estudiantes para resolver los ejercicios con el uso del celular fue muy alto comparado con los que resolvieron los ejercicios de forma tradicional. Por otra parte, el tiempo utilizado en la resolución de los ejercicios con el uso de la aplicación fue mucho menor que el que se consumió de forma tradicional.

La calidad de las representaciones gráficas realizadas con el celular es muy superior a las realizadas de forma tradicional. Resulta muy sencillo realizar modificaciones en las representaciones gráficas realizadas en el celular, a diferencia de lo que ocurre a la hora de modificar las representaciones gráficas de forma tradicional. Si se desea analizar en detalles las representaciones gráficas realizadas en el celular resulta muy sencillo, ampliando la gráfica o desplazándose a la parte de la gráfica que se desea analizar, esta posibilidad no existe en las representaciones gráficas realizadas de forma tradicional.

Se logró un nivel de interacción entre los alumnos mucho mayor con el uso de la aplicación que al resolver los ejercicios de forma tradicional, tanto de forma verbal como a través de WhatsApp intercambiando las gráficas y las expresiones obtenidas. Todos los alumnos que trabajaron con la aplicación lo hicieron con mucha confianza y comodidad pues usaron su celular, que es un dispositivo que tienen personalizado para su uso y que conocen y dominan a la

perfección por el uso diario que hacen del mismo. Todos los estudiantes que usaron la aplicación al concluir la clase poseen los ejemplos resueltos en su celular para luego estudiar en casa.

Todos los estudiantes que usaron la aplicación consiguieron resolver los ejercicios propuestos en la clase y lograron comprender de forma gráfica lo referente a la convergencia del desarrollo en series de Taylor a la función dentro del dominio de convergencia, lo que de forma tradicional resultó complicado tanto para explicar, como para comprender, además de consumir mucho tiempo y esfuerzo para realizar las gráficas en la pizarra.

Al concluir la clase los estudiantes que usaron la aplicación tienen la misma instalada en su teléfono y la pueden utilizar para resolver los ejercicios orientados en el estudio independiente, además de otros tipos de problemas, tanto en la asignatura actual, como en otras y en su vida cotidiana, ya sea dentro como fuera del aula.

Los alumnos que usaron la aplicación se motivaron por conocer la existencia de otras aplicaciones similares disponibles en internet de forma gratuita y se les orientó realizar una búsqueda en internet de estas aplicaciones para Matemática, lo que contribuye a incrementar las habilidades investigativas de los alumnos y aumenta su nivel de conocimiento, pues muchos de ellos seguramente experimentarán con nuevas aplicaciones en sus teléfonos.

Todos los alumnos que trabajaron con la aplicación manifestaron su satisfacción al haber trabajado con la misma y manifestaron su deseo también de desarrollar otras clases similares en otros temas de la asignatura.

Conclusiones

El nivel de motivación en los estudiantes para resolver los ejercicios con el uso del celular fue muy alto comparado con los que resolvieron los ejercicios de forma tradicional. Por

otra parte, el tiempo utilizado en la resolución de los ejercicios con el uso de la aplicación fue mucho menor que el que se consumió de forma tradicional.

La calidad de las representaciones gráficas realizadas con el celular es muy superior a las realizadas de forma tradicional. Se logró un nivel de interacción entre los alumnos mucho mayor con el uso de la aplicación que al resolver los ejercicios de forma tradicional, tanto de forma verbal como a través de WhatsApp intercambiando las gráficas y las expresiones obtenidas.

Todos los alumnos que trabajaron con la aplicación lo hicieron con mucha confianza y comodidad pues usaron su celular, que es un dispositivo que tienen personalizado para su uso y que conocen y dominan a la perfección por el uso diario que hacen del mismo.

También consiguieron resolver los ejercicios propuestos en la clase y lograron comprender de forma gráfica lo referente a la convergencia del desarrollo en series de Taylor a la función dentro del dominio de convergencia, lo que de forma tradicional resultó complicado tanto para explicar, como para comprender.

Referencias

- Báez, N., & Blanco, R. (2022). What the Teacher Must Master to Direct the Learning Process. *Science Research, 10(4)*, 99-107. doi: 10.11648/j.sr.20221004.12
- Bakker, A., Cai, J., & Zneger, L. (2023). Temas futuros de la investigación en educación matemática: una encuesta internacional antes y durante la pandemia. *Educación Matemática, 35(2)*, 9-46. doi: <https://doi.org/10.24844/EM3502.01>
- Basantes, A., Naranjo, M., Gallegos, M., & Benítez, N. (2017). Los Dispositivos Móviles en el Proceso de Aprendizaje de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte de Ecuador. *Formación Universitaria, 10(2)*, 79-88. doi: 10.4067/S0718-50062017000200009

- Campuzano**, J., Pazmiño, F., & San Andrés, E. (2021). Dispositivos móviles y su influencia en el aprendizaje de la Matemática. *Dom. Cien.*, 7(1), 648-662.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8231673>
- Carrasco**, T., Del Castillo, A., Ansola, E., & Rodríguez, E. C. (2012). Desarrollo de habilidades matemáticas para el uso de las tecnologías. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 25, 1407-1414.
https://www.researchgate.net/publication/280569448_Desarrollo_de_habilidades_matematicas_para_el_uso_de_las_tecnologias
- Duval**, R. (1993). Registres de représentations sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives, ULP, IREM Strasbourg*. 5, 37-65.
- Mendoza**, M. (2014). El teléfono celular como mediador en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Omnia*, 20(3), 9-22. <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091002.pdf>
- Morales**, Y., & Blanco R. (2019). Análisis del uso de software para la enseñanza de la matemática en las carreras de ingeniería. *Transformación versión On-line*, 15(3), 367-382. <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/transformacion/article/view/2246>
- Navarrete**, G., & Mendieta, R. (2018). Las TIC y la educación ecuatoriana en tiempos de internet: breve análisis. *Espirales*, 2(15). <https://docplayer.es/90026951-Las-tic-y-la-educacion-ecuatoriana-en-tiempos-de-internet-breve-analisis.html>
- Nouralhuda**, I. (2014). Computer-based math curriculum reform: Incorporating digital technology into teaching mathematics. *Mount Royal Undergraduate Education Review*, 1(2), 1-19. https://www.researchgate.net/publication/331460308_Computer-

[based_math_curriculum_reform_Incorporating_digital_technology_into_teaching_maths](#)

Rangel, M., Santoyo, F., & Íñiguez, A. (2019). El uso de apps para el aprendizaje de la estadística en el nivel superior. *Revista Electrónica sobre Cuerpos Académicos y Grupos de Investigación*, 6(12).
https://www.researchgate.net/publication/339658633_The_uses_of_apps_in_mobile_devices_for_learning_statistics_at_the_higher_level

Tineo, K., Blanco, R., Byas, R. (2017). *Didáctica de la Matemática en la formación Docente*. Editora universitaria UASD. ISBN 978-9945-501-01-8.

Anexo A

Encuesta sobre el uso de la calculadora gráfica de MathLab

1. ¿Considera que requiere demasiado tiempo para resolver los ejercicios propuestos? Si No
2. Califique en buena regular o mala la precisión de las representaciones gráficas realizadas
3. ¿Le ayuda a visualizar la convergencia del desarrollo de las series de Taylor a la función a partir de las gráficas realizadas? Si No
4. ¿Resultaría fácil hacer modificaciones en las representaciones gráficas realizadas? Si No
5. ¿Es posible analizar en detalles las representaciones gráficas realizadas en un intervalo muy pequeño o muy grande? Si No