



# INFLUENCIA POSITIVA DEL USO DE UN ASISTENTE MATEMÁTICO LIBRE EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

## POSITIVE INFLUENCE OF THE USE OF A FREE MATHEMATICAL ASSISTANT IN HIGHER EDUCATION

M.Sc. Juan Felipe Medina Mendieta

[jfelipemm@ucf.edu.cu](mailto:jfelipemm@ucf.edu.cu)

Universidad de Cienfuegos, Cuba

Dr.C. Eloy Arteaga Valdés

[earteaga@ucf.edu.cu](mailto:earteaga@ucf.edu.cu)

Universidad de Cienfuegos, Cuba

M.Sc. Jorge Luis del Sol Martínez

[jlmartinez@ucf.edu.cu](mailto:jlmartinez@ucf.edu.cu)

Universidad de Cienfuegos, Cuba

### Resumen

El presente trabajo es fruto de investigaciones realizadas en la Universidad de Cienfuegos con el fin de migrar hacia una herramienta basada en software libre para ser utilizada en la disciplina Matemática Básica de la carrera Ingeniería Informática. Resultados importantes de estas investigaciones arrojaron que el asistente matemático Maxima cumple con las características adecuadas para competir con la herramienta históricamente utilizada, Derive, de licencia privativa. Sin embargo, una vez comenzada la explotación de Maxima se constató, además, que influía positivamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la disciplina. Este estudio tiene como objetivo probar que el uso de Maxima, en esta carrera, ha elevado el nivel de satisfacción de los estudiantes y ha permitido mejorar sus resultados en la disciplina. Se utiliza la encuesta a estudiantes para medir el nivel de satisfacción, tomando una muestra de 82. Se estudian los resultados obtenidos por los alumnos en proyectos integradores, durante cuatro cursos sucesivos, los dos primeros desarrollados sin la utilización de Maxima y los otros dos con la utilización del mismo. Los resultados muestran que la satisfacción de los estudiantes, con el uso de Maxima, es buena y que las notas obtenidas en proyectos integradores de curso, al conocer Maxima, se han elevado, demostrando de esta forma que la utilización de software libre en el nivel universitario influye positivamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

**Palabras clave:** software libre; Matemática, Maxima; enseñanza-aprendizaje

### Abstract

The present work is the result of a research carried out at the University of Cienfuegos in order to migrate to a tool based on free software to be used in the Basic Mathematics discipline of the Computer Engineering Major. Important results of these investigations showed that the mathematical assistant Maxima has the appropriate characteristics to compete with the tool historically used, Derive, of private license. However, once the exploitation of Maxima began, it was also found that it had a positive influence on the teaching-learning process of the discipline. This study aims to prove that the use of Maxima, in this career, has improved the level of students' satisfaction and has allowed improving their results in the discipline. The student survey is used to measure the level of satisfaction, taking a sample of 82. The results obtained by the students in integrating projects are studied during four successive courses, the first two developed without the use of Maxima and the other two with the use of such tool. The results showed that the satisfaction of the students, with the use of Maxima, is good and that the grades obtained in the course integrative projects, upon knowing Maxima, have been better, demonstrating in this way, that using free software in the university level influences positively the teaching-learning process.

**Keywords:** free software; Mathematics, Maxima; teaching-learning.



## 1. Introducción

En nuestra sociedad actual es de vital importancia las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). La educación no se encuentra ajena a los cambios que las mismas producen. Debido a su auge ha pasado a formar parte de planes y estrategias de regiones y naciones (Polo, 2016).

El uso de estas tecnologías no se encuentra ajeno a problemas sociales de la ciencia y la tecnología (CTS). Uno de estos problemas lo constituye la democratización de la información (Tedesco, 2017). Debido a la importancia que presenta este hecho fue abordado en la Declaración de Budapest: “la revolución de la información y la comunicación ofrece medios nuevos y más eficaces para intercambiar los conocimientos científicos y hacer progresar la educación y la investigación” (de Budapest, 2004, p. 4). En la Declaración de Santo Domingo se plantean tres grandes metas para la democratización de la ciencia, las cuales se pueden resumir en: que los avances científicos y tecnológicos lleguen a mayor cantidad de personas mostrando especial atención por aquella población más pobre; que se pueda posibilitar y facilitar el acceso a la ciencia y que se pueda realizar el control social de la ciencia y la tecnología a partir de opciones morales y políticas colectivas y explícitas. (de Santo Domingo, 1999).

En este contexto la educación, como ente portador de conocimientos y valores y como medio transformador de la sociedad, permite influir en este problema de CTS. Es necesario y de gran importancia y responsabilidad enfocar una docencia que tenga presente este aspecto.

### 1.1 Justificación

En la educación cubana el desarrollo gradual de las TIC también ha provocado profundas transformaciones. Una de ellas se ha llevado a cabo en los medios de enseñanza en los diferentes niveles. Esto ha implicado cambios importantes en los roles tradicionales del profesor y el estudiante (Linares y Escalona, 2015). Dadas estas nuevas condiciones la educación superior ha tenido la necesidad de una nueva concepción curricular.

Esta nueva concepción de la educación superior cubana plantea la disminución de la actividad presencial y el incremento del autoaprendizaje de los estudiantes (Menéndez, Díaz, Sánchez y Linares, 2014), a partir de la introducción de nuevos medios en el proceso de formación como las TIC.

La carrera Ingeniería Informática es un buen ejemplo para dar seguimiento a los cambios que se orientan en esa nueva concepción. Esta carrera materializa

desde su Plan de Estudios D, de julio de 2007, estas tendencias: “Incrementar el estudio independiente, asistido por las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC)” (MES, 2007: 16), las cuales se incrementan en el nuevo plan de estudio E. Bajo estas circunstancias los estudiantes de esta carrera, adaptado a las condiciones actuales, deben, como parte de su formación, vincularse con diferentes programas que contribuyan tanto al desarrollo de sus habilidades, como a la formación de una cultura informática que les permita valorar el funcionamiento de los sistemas y adquirir experiencia. Cobra gran importancia, en particular, la utilización de programas que permitan reutilizar el código y modificarlo.

La información que brinde este seguimiento podrá beneficiar no solo a la carrera Ingeniería Informática sino a la comunidad universitaria de forma general puesto que, al socializar aquellas experiencias adquiridas, buenas o malas, se contribuye a democratizar el conocimiento.

### 1.2 Antecedentes

En la carrera Ingeniería Informática de la Universidad de Cienfuegos cada disciplina dispone de programas para el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje. En la Disciplina Matemática Básica históricamente se utilizó hasta el año 2012, el programa Derive, debido, fundamentalmente, a la experiencia alcanzada por parte del profesorado en el mismo. Sin embargo, no solo Derive brinda herramientas adecuadas para el desarrollo de la disciplina, también existen otros programas con características similares a Derive que pueden ser utilizados. Estos programas también pueden ser llamados asistentes matemáticos.

Los programas computacionales pueden ser clasificados en software libre o privativo atendiendo al tipo de licencia bajo la que son adquiridos. Los asistentes matemáticos, como programas computacionales, también se rigen bajo esta clasificación.

Existe en la actualidad un dominio hegemónico de grados compañías productoras de asistentes matemáticos tales como: Microsoft Corporation, International Business Machines (IBM), Texas Instruments (TI), Wolfram Research, MathWorks, Maplesoft. Estas compañías realizan programas matemáticos de alta calidad, los cuales son comercializados bajo pago de licencia. Sin embargo, existen varios programas de alta calidad, que quizás no tienen tanta publicidad, con un nuevo paradigma: software libre. Se destacan entre otros a: Maxima (Rodríguez Galván, 2017a), GeoGebra (GeoGebra, s.f.), Macaulay2 (Brandt, 2015), Singular (Stein, 2016), Axiom (Axiom book, 2008), Yacas (Yacas, s.f.), GNU Octave (Ea-



ton, 2008), Euler (Euler, s.f.), R Project (Team, 2014).

Investigaciones realizadas por Pardini en el año 2007 (Pardini, 2007) y Galván en el año 2017 (Rodríguez Galván, 2017b) apoyan la idea de utilizar software libre en la docencia, debido a sus ventajas técnicas, morales y pedagógicas por sobre sus contrapartes privativas. Se destaca que la utilización de asistentes matemáticos con licencia libre permite tener control total sobre el programa, estudiarlo, modificarlo, mejorarlo y, fundamentalmente, compartirlo. Esto último posibilita integrar y potenciar valores éticos que son importantes en la formación de los estudiantes universitarios (Rodríguez Galván, 2017b).

El software libre es aquel que permita ejecutar el programa con cualquier propósito, acceder al código fuente para estudiar su funcionamiento y adaptarlo a las necesidades de cada uno, redistribuir copias, mejorar el programa y luego publicarlo para el bien de toda la comunidad (Stallman, 2004).

En 2005, Cuba inicia su migración a software libre y plataformas de código abierto en general. Desde entonces queda orientado que esta migración fuera un proceso continuo y organizado (Pérez-Villazón *et al.*, 2013). Una de las estrategias trazadas en esta dirección, en la Universidad de Cienfuegos, consiste en la implementación, capacitación y uso, por parte de los estudiantes, de programas con licencia libre.

En el año 2008, en la Universidad de Cienfuegos, se llevó a cabo un proyecto con el objetivo de encontrar un asistente matemático, bajo licencia libre, que permitiera competir con Derive para ser utilizado en la carrera Ingeniería Informática. El resultado final consistió en la implementación del uso del asistente matemático Maxima junto con el desarrollo de herramientas complementarias y metodologías de uso para cada una de las asignaturas de la Disciplina Matemática Básica.

El programa Maxima es un sistema de álgebra computacional que está especializado en operaciones simbólicas, pero también ofrece otras capacidades tales como cálculo numérico de integrales o racionalización. Se encuentra desarrollado en lenguaje LISP y funciona en diferentes plataformas como pueden ser Mac OS X, Unix, BSD, GNU/LINUX, Microsoft Windows y Android. Dispone de múltiples interfaces gráficas de usuario, siendo la versión WxMaxima una de las más populares. Esta interface proporciona menús y diálogos para muchos de los comandos, ayudas de autocompletar, incrustar dibujos en el área de escritura y reproducir animaciones (Maxima, a Computer Algebra System, s.f.; Rodríguez Galván, 2017b).

Desde el punto de vista de su utilización en la docen-

cia el programa presenta ciertas características destacables, además de presentar licencia libre, tales como: se encuentra disponible en varios idiomas (entre ellos el español), presenta gran cantidad de documentación que incluyen tutoriales para empezar a utilizarlo desde la base así como manuales para su uso en estudios superiores o profesionales, presenta también diversos videos tutoriales para ilustrar cómo utilizar el programa en diversos problemas, cuenta con una comunidad internacional que se encarga de su mantenimiento, desarrollo y publicación de nuevas versiones y dispone de comandos para realizar operaciones elevadas que pueden ser de utilidad en estudios universitarios y de formación profesional superior (Ruiz Sánchez y otros, 2014).

### 1.3 Objetivos

El uso de Maxima se comienza a implementar de forma gradual en etapas, llevando a cabo primeramente una etapa de capacitación sobre el programa y de divulgación e información sobre el software libre. En el curso 2012-2013 se empieza a utilizar el asistente en la carrera Ingeniería Informática manteniendo a disposición de los estudiantes toda la documentación y trabajo realizado en el programa Derive. Comienza, además, el monitoreo e impacto del uso de Maxima en la carrera Ingeniería Informática.

Los objetivos de esta investigación son determinar el nivel de satisfacción, por parte de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática, al usar Maxima y el impacto que tiene en sus resultados en la Disciplina Matemática Básica.

## 2. Materiales y métodos

Se realiza un enfoque de la investigación basado en tres etapas:

En una primera etapa se diseña la investigación y se estudia la bibliografía referente al tema tratado. Para el estudio de la bibliografía se utiliza, además de la búsqueda tradicional de literatura digital actualizada, la entrevista a personal especializado en software libre como otra fuente de información y se tienen en consideración experiencias anteriores en la utilización de este paradigma. Se realiza una capacitación tanto a profesores y alumnos sobre software libre y sobre el uso del asistente matemático Maxima. Se escoge la disciplina de Matemática Básica para la implementación de la herramienta Maxima.

En la segunda etapa, se implementa el uso del asistente matemático en la carrera de Ingeniería Informática, en competencia con la herramienta Derive y se lleva a cabo el monitoreo y estudio del uso del mismo. Esta etapa abarca el curso 2012-2013 y se extiende hasta al curso 2013-2014, aunque



en la actualidad se mantiene perfeccionando el uso de Maxima en este centro. Se debe destacar que se realiza el tránsito, pero sigue a disposición de los alumnos el asistente matemático Derive y todo el trabajo realizado en el mismo, durante años, en la disciplina Matemática Básica, lo cual permite, al alumnado, la posibilidad de establecer una comparación entre ambos sistemas y paradigmas. Con el fin de garantizar la competitividad con Derive se implementan instrucciones que complementan las existentes en este sistema y nuevas que lo hacen en los contenidos de la disciplina. La abundante documentación y el acceso al código fuente facilitan el desarrollo de esta tarea. En esta etapa, además de utilizar el sistema, se profundiza en una formación encaminada a fomentar en los estudiantes una cultura basada en las ventajas que supone la utilización de programas bajo libre licencia en esferas sociales.

Para obtener la información que valide los objetivos de la investigación, en esta etapa se utiliza un enfoque cuantitativo tanto para recabar la información del cuestionario como la necesaria para medir los resultados obtenidos por los estudiantes que han utilizado Maxima. En el caso del cuestionario, los datos se manipulan de manera numérica y son ideales para un análisis estadístico descriptivo. En el caso del impacto del uso de Maxima en los resultados docentes se utilizan las evaluaciones de los estudiantes en los proyectos integradores de la asignatura Matemática IV, que comprende el estudio de la Matemática Numérica, lo que acerca al estudiante a su especialidad. Se debe destacar que en esta asignatura es de vital importancia el uso de asistentes matemáticos, así como el estudio de algoritmos e implementación de los mismos. Este proyecto integrador de curso, definido en el programa analítico de esta asignatura, en la Universidad de Cienfuegos, incluye entre varios objetivos que los estudiantes programen en el lenguaje de programación deseado los métodos y algoritmos estudiados. La nota de este proyecto se basa en una serie de parámetros donde destacan: métodos implementados, complejidad en la implementación de dichos métodos, heurísticas propuestas en los mismos, paradigma de programación utilizado, interface realizada, validación de datos y resultados, entre otros. En esta nota se utiliza un paradigma cualitativo ordinal desglosado en: Mal, Regular, Bien y Muy Bien.

La tercera etapa consiste en la valoración del nivel de satisfacción de los estudiantes e impacto del uso de la herramienta basada en software libre Maxima.

Para medir el nivel de satisfacción de los estudiantes

en el uso del asistente matemático Maxima se realiza una encuesta al alumnado que ha utilizado la herramienta finalizando el curso 2013-2014. La encuesta se conforma de 26 preguntas agrupadas en 6 dimensiones: conocimientos y uso de software libre, conocimientos y estudio de Maxima, uso de Maxima, desarrollo de herramientas en Maxima, utilización de dispositivos móviles para interactuar con Maxima y satisfacción en el uso de Maxima. Las respuestas se recogen mediante escalas de Likert (Likert, 1932).

Inicialmente se realiza una encuesta piloto conformada por 30 preguntas agrupadas en las 6 dimensiones descritas anteriormente. Esta encuesta se realiza en el curso 2012-2013 a los 29 estudiantes de segundo año de la carrera lo cual permite la eliminación de 4 preguntas con poco nivel de explicación en el cuestionario quedando conformada finalmente la encuesta de 26 preguntas a ser aplicada. Luego se utiliza un grupo de 10 jueces o expertos para validar el contenido del cuestionario formado por profesores de los Departamentos de Matemática e Informática de la Universidad de Cienfuegos, coincidiendo el 90% de los mismos en mantener las 6 dimensiones y las 26 preguntas.

Para la selección del tamaño de la muestra se utiliza como población la matrícula de los tres primeros años de la carrera Ingeniería Informática en el curso 2013-2014, puesto que se correspondía con los estudiantes que habían interactuado en clases con Maxima. Se utiliza la fórmula de muestreo para poblaciones finitas siguiente:

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2 \cdot (N-1)}{(z_{\alpha/2})^2 \cdot p \cdot (1-p)}}$$

Donde:

**N:** Tamaño de la población. En este caso es la matrícula de los tres primeros años de la carrera en el curso 2013-2014 y es igual a 104.

**e:** Margen máximo de error admitido. Se utiliza un valor adecuado de 0,05.

$z_{\alpha/2}$ : Valor de la distribución normal estándar asociado al nivel de confianza de la encuesta que en este caso es de un 95% ( $\alpha = 0,05$  y  $z_{\alpha/2} = 1,96$ ).

$p \cdot (1-p)$ : Varianza o diversidad de opiniones estimada en la población. Se utiliza la diversidad de opiniones mayor posible 0,25 correspondiente a  $p =$



0,5.

Al sustituir los valores de la fórmula, se obtiene una cantidad de 82 estudiantes a encuestar utilizando para ello el muestreo aleatorio simple.

Para estudiar el impacto del uso de Maxima en los resultados docentes de los estudiantes se escoge como población la matrícula de estudiantes de segundo año en 4 cursos sucesivos (2010-2011, 2011-2012, 2012-2013 y 2013-2014) de forma que existieran cursos con uso de herramientas privativas solamente y cursos con uso de herramientas libres. Se escoge este año debido a que en el mismo se estudia la asignatura Matemática IV. En los cursos 2010-2011 y 2011-2012 se utilizó la herramienta Derive (no se utilizó asistente matemático libre) y en 2012-2013 y 2013-2014 se utilizó Maxima. La muestra no es tomada aleatoriamente puesto que la conforman los estudiantes de cada uno de los cursos que se seleccionaron. El tamaño de la misma es de 124 alumnos de los cuales 56 (45.16%) corresponden a los cursos 2010-2011 y 2011-2012 y 68 (54.84%) a los cursos 2012-2013 y 2013-2014. Se utiliza como variable de inferencia del impacto del uso del software libre en esta población los resultados obtenidos por los alumnos en los proyectos finales de curso en la asignatura Matemática IV.

En la muestra seleccionada se tienen las siguientes cantidades por notas 18 (14.52%) – Mal, 37 (29.84%) – Regular, 24 (19.35%) – Bien y 45 (36.29%) – Muy bien. Por tanto, las variables utilizadas en la investigación se definen de la siguiente forma:

**x:** Estudio de la asignatura Matemática IV, por parte de un estudiante de segundo año de la carrera Ingeniería Informática de la Universidad de Cienfuegos, utilizando el asistente matemático libre Maxima. (Toma valores binarios de sí o no, 0 o 1).

**y:** Evaluación final, que obtiene un estudiante de segundo año de la carrera de Ingeniería Informática, en el proyecto integrador de la asignatura Matemática IV. (Toma valores ordinales de: Mal, Regular, Bien y Muy bien)

Se utilizan pruebas no paramétricas con el fin de probar que existe una relación entre la variable “x” (explicativa o independiente) y “y” (a explicar o dependiente) de manera que se verifique que el estudio de la asignatura Matemática IV utilizando el asistente matemático Maxima, basado en software libre, ha mejorado los resultados en los proyectos integradores de curso.

Se utiliza inicialmente un análisis de tablas r x c para realizar la prueba Chi-cuadrado de Pearson, con el fin

de determinar la dependencia que existe entre “y” y “x”. El planteamiento de la hipótesis es el siguiente:

**H<sub>0</sub>:** La utilización, por parte de los estudiantes, del asistente matemático Maxima, basado en software libre, y los resultados obtenidos en el proyecto integrador de la asignatura Matemática IV son independientes.

**H<sub>1</sub>:** La utilización, por parte de los estudiantes, del asistente matemático Maxima, basado en software libre, y los resultados obtenidos en el proyecto integrador de la asignatura Matemática IV no son independientes.

Se utiliza un nivel de significación de 0,05 en esta prueba y se desea probar el cumplimiento de la región crítica.

En un segundo análisis se utiliza la prueba U de Mann-Whitney con el fin de demostrar que los resultados obtenidos en los proyectos integradores, como promedio, se han elevado cuando se ha utilizado el asistente Maxima. El planteamiento de la hipótesis es el siguiente:

**H<sub>0</sub>:** Los resultados obtenidos en el proyecto integrador de la asignatura Matemática IV, por parte de los estudiantes que utilizaron software libre, no difieren de aquellos estudiantes que no lo utilizaron.

**H<sub>1</sub>:** Los resultados obtenidos en el proyecto integrador de la asignatura Matemática IV, por parte de los estudiantes que utilizaron software libre son superiores a los resultados obtenidos por los estudiantes que no lo utilizaron.

Se utiliza un nivel de significación de 0,05 en esta prueba y se desea probar el cumplimiento de la región crítica para concluir que la utilización de software libre eleva los resultados de los estudiantes en el proyecto integrador de la asignatura Matemática IV en comparación con los resultados obtenidos por estudiantes que no utilizaron software libre.

### 3. Resultados y discusión

Referente al nivel de satisfacción de los estudiantes en el uso de Maxima la tabla 1 muestra el estadístico de fiabilidad, Alfa de Cronbach igual a 0,914 para las 26 preguntas de la encuesta, lo que muestra una alta fiabilidad en la encuesta aplicada.

**Tabla 1. Estadístico de fiabilidad para la encuesta. (Tomado de SPSS)**

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	N de elementos
,914	,913	26



La tabla 2 muestra el estadístico de fiabilidad, Alfa de Cronbach igual a 0,846 para las 4 preguntas de la encuesta referente a la dimensión, satisfacción en el uso de Maxima, lo que muestra una aceptable fiabilidad en respuestas.

**Tabla 2. Estadístico de fiabilidad para la dimensión satisfacción en el uso de Maxima. (Tomado de SPSS)**

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	N de elementos
,846	,846	4

Las preguntas realizadas en la dimensión satisfacción en el uso de Maxima son:

**P1:** Pienso que conocer y utilizar Maxima me ha motivado para profundizar en el estudio de las asignaturas.

**P2:** Pienso que conocer y utilizar Maxima ha mejorado mi formación profesional.

**P3:** Pienso que utilizar Maxima, con licencia libre, ha sido beneficioso en comparación con el uso de una herramienta de licencia privada.

**P4:** Contar con el código fuente de Maxima me motiva para desarrollar instrucciones propias.

La tabla 3 muestra resultados descriptivos sobre las preguntas realizadas. Los valores igual a 4 para el primer cuartil de cada pregunta se interpretan como que el 75% de los estudiantes dieron respuestas de estar de acuerdo (4) o total acuerdo (5) con las preguntas realizadas en esa dimensión de la encuesta. De esta forma se observa que la satisfacción de los estudiantes que utilizaron Maxima es buena.

**Tabla 3. Estadísticos descriptivos sobre dimensión satisfacción en el uso de Maxima. (Tomado de SPSS)**

		P 1	P 2	P 3	P 4
N	Válidos	82	82	82	82
	Perdidos	0	0	0	0
Asimetría		-1,7	-,99	-1,2	-1,4
Error típ. de asimetría		,27	,27	,27	,27
Percentiles	25	4,0	4,0	4,0	4,0
	50	4,5	4,5	4,0	4,0
	75	5,0	5,0	5,0	5,0

Referente al impacto del uso de Maxima en los

resultados docentes de los estudiantes la tabla 4 muestra cantidad de estudiantes por cada una de las categorías de la variable "y" con respecto a la variable x correspondientes a los cuatro cursos estudiados.

**Tabla 4. Cantidad de estudiantes evaluados en cada categoría de y por cada categoría de x (Elaboración propia).**

Cantidad de estudiantes	x	
	no utilización	utilización
mal	11	7
regular	20	17
bien	13	11
muy bien	12	33

La tabla 5 muestra el cumplimiento de la región crítica ( $0,018 < 0,05$ ) en la prueba Chi-cuadrado de Pearson de un análisis de tablas r x c, rechazando la hipótesis nula y concluyendo, con un 95% de confianza, que no existe evidencia suficiente para rechazar la dependencia estadística entre los resultados obtenidos por parte de los estudiantes en el proyecto integrador de la asignatura Matemática IV y el conocimiento previo del programa libre Maxima.

Los resultados obtenidos en la tabla 6 muestran el cumplimiento de la región crítica para la prueba unilateral presentada ( $2 \cdot 0,004 < 0,05$ ) en la prueba U de Mann-Whitney rechazando la hipótesis nula y concluyendo, con un 95% de confianza, que los resultados obtenidos por los estudiantes en los proyectos integradores en la asignatura Matemática IV utilizando Maxima son, como promedio, superiores a los obtenidos por estudiantes que no han utilizado Maxima.

**Tabla 5. Prueba Chi-cuadrado de Pearson y razón de verosimilitud Chi-cuadrado. (Tomado de SPSS)**

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	10,031 <sup>a</sup>	3	,018
Razón de verosimilitudes	10,334	3	,016
Asociación lineal por lineal	8,169	1	,004
N de casos válidos	124		

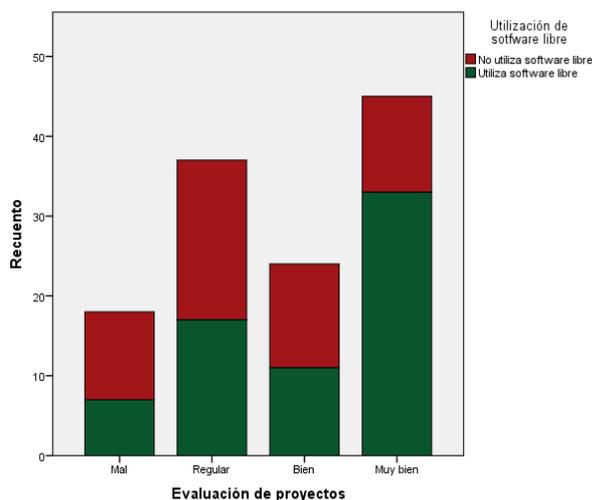
a. 0 casillas (0,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 8,13.

**Tabla 6. Prueba Mann-Whitney. (Tomado de SPSS) Estadísticos de contraste<sup>a</sup>**

	Evaluación de proyectos
U de Mann-Whitney	1350,000
W de Wilcoxon	2946,000
Z	-2,907
Sig. asintót. (bilateral)	,004

a. Variable de agrupación: Utilización de software libre

La figura 1 muestra un análisis de histograma sobre los resultados obtenidos sin y con la utilización del programa Maxima. Se observa que, en los proyectos integradores, al conocer Maxima se obtiene una disminución en las notas de Mal y un notable aumento en notas de Muy Bien con respecto a la no utilización de software libre.



**Figura 1. Histograma Evaluación de proyecto integrador – Utilización de software libre. (Tomado de SPSS)**

#### 4. Conclusiones

Los resultados de la investigación realizada muestran que la utilización de herramientas matemáticas basadas en software libre en la carrera de Ingeniería Informática en la Disciplina Matemática Básica tiene aceptación en el alumnado y mejora la calidad de su aprendizaje y sus resultados docentes. De esta manera influye positivamente en el proceso de enseñanza–aprendizaje de esta especialidad.

Es importante destacar que el alcance de este estudio solo abarca la especialidad Ingeniería Informática, que cumple con características que propician la implementación de herramientas basadas en software libre. Sin embargo, los resultados obtenidos pueden servir de estudio para el beneficio de la comunidad universitaria de forma general.

#### 5. Referencias bibliográficas

Axiom book. (2008) Recuperado de: <http://page.axiom-developer.org/zope/Plone/refs/books/axiom-book2.pdf>

Brandt, M. (2015) *Computing Free Resolutions in Macaulay2*. Recuperado de: <http://math.berkeley.edu/~brandtm/talks/frees.pdf>

de Budapest, D. (2004) *Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso*. Compendio de Estudios Sociales sobre Ciencia y Tecnología. Recuperado de: [http://www.cad.unam.mx/programas/actuales/maestrias/maestria\\_cn\\_cobao\\_2013/00/02\\_material/biologia/archivos/03\\_mod2/mat/lectura\\_8.docx](http://www.cad.unam.mx/programas/actuales/maestrias/maestria_cn_cobao_2013/00/02_material/biologia/archivos/03_mod2/mat/lectura_8.docx)

de Santo Domingo, D. (1999) *La ciencia para el siglo XXI: una nueva visión y un marco de acción*. Santo Domingo, República Dominicana, 10.

Eaton, J. W. (2008) *GNU Octave. A high-level interactive language for numerical computations*.

Euler. (s.f.) Recuperado de: <http://euler.sourceforge.net/index.html>

GeoGebra. (s.f.) Recuperado de: <https://help.geogebra.org/es/article/Tutorial:Main%20Page>

Likert, R. (1932) *A technique for the measurement of attitudes*. Archives of Psychology, 22(140), 44-53.

Linares, Y. V., y Escalona, Y.S. (2015) *Impacto del uso del asistente matemático Wx-Maxima en el aprendizaje de la Matemática I y II en estudiantes de informática*. Universidad & Ciencia, 4(2), 111–122.

Maxima, a Computer Algebra System. (s.f.) Recuperado de: <http://maxima.sourceforge.net/>

Menéndez, C.R., Díaz, P.B., Sánchez, Y.S., y Linares, Y.P. (2014) *La enseñanza de estrategias de aprendizaje, una perspectiva pedagógica para las transformaciones en la Educación Superior en Cuba*. Pedagogía Universitaria, 19(2). Recuperado de: <http://cvi.mes.edu.cu/peduniv/index.php/peduniv/article/view/612>

MES. (2007) *Plan de estudio D. Ingeniería Informática Presencial*. 2007.

Pardini, A. (2007) *Fundamentación del uso de software libre en la universidad pública*. Enseñando



- matemática con herramientas alternativas*. En I Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales 18 y 19 de octubre de 2007 La Plata, Argentina. Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de: <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/library?a=d&c=eventos&d=Jev275>
- Pérez-Villazón, Y., García-Vitier, A., García-Gonzalez, J., Viera-Hernández, A., Hernández-Blanco, Y., y Cuesta-Llaneso, E.A. (2013) *El proceso de migración a aplicaciones de código abierto en Cuba desde un enfoque metodológico*. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 7(4), 31–41.
- Polo, R. (2016) *Las nuevas tecnologías y el concepto de progreso*. Revista Jurídica Universidad Autónoma de Madrid, (5). Recuperado de: <https://revistas.uam.es/revistajuridica/article/download/6256/6730>
- Rodríguez Galván, J.R. (2017a) *Maxima con wxMaxima: software libre en el aula de matemáticas*. Recuperado de: <http://rodin.uca.es/xmlui/handle/10498/18931>
- Rodríguez Galván, J.R. (2017b) *Maxima con wxMaxima: software libre en el aula de matemáticas*. Recuperado de: <http://rodin.uca.es/xmlui/handle/10498/18931>
- Ruiz Sánchez, C.J., y otros (2014) *El programa WxMaxima comparado con otros programas de cálculo matemático orientados a la docencia*. Recuperado de: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/7855>
- Stallman, R. (2004) *Software libre para una sociedad libre*. Madrid: Traficantes de Sueños, 2004. Recuperado de: <http://bibliotecadigital.org/handle/001/144>
- Stein, E.M. (2016) *Singular integrals and differentiability properties of functions (PMS-30)* (Vol. 30). Princeton university press. Recuperado de: [https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=\\_9wDDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Singular&ots=MHgsAuc9Dc&sig=B40kyKbSxgmYPy6DTE-pSpTvRtU](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=_9wDDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Singular&ots=MHgsAuc9Dc&sig=B40kyKbSxgmYPy6DTE-pSpTvRtU)
- Team, R.C. (2014) *The R project for statistical computing*. Recuperado de: [www.R-project.org](http://www.R-project.org).
- Tedesco, J.C. (2017). *Educación y sociedad del conocimiento y de la información*. Revista Colombiana de Educación, (36-37). Recuperado de: <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/RCE/article/view/5876>
- Yacas (s.f.) Recuperado de: <http://yacas.sourceforge.net>

**Fecha de recepción:** 25 de mayo de 2018

**Fecha de aceptación:** 13 de junio de 2018