

## USO DE UN SISTEMA EXPERTO EN LA DETECCIÓN DE PERFILES EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

E. F. Ruiz Ledesma<sup>1</sup>  
M. P. Jiménez Villanueva<sup>2</sup>  
A. S. Montiel Sánchez<sup>3</sup>

### RESUMEN

La formación del ingeniero demanda un sólido aprendizaje en el área de ciencias básicas, como es la matemática. Una de las problemáticas que se viven en las aulas de las instituciones de Nivel Superior, es el hecho de que los estudiantes muestran gran dificultad en aplicar sus conocimientos en la resolución de problemas. En particular, presentan dificultad para realizar el planteamiento mediante un modelo matemático que los conduzca a una solución exitosa. El estudio que se reporta en el presente documento se enfocó en analizar los factores que conducen a los estudiantes a no lograr enfrentar de forma satisfactoria los problemas de aplicación que requieren del Cálculo, tanto diferencial como Integral y con esta información se construyó un sistema experto que permite detectar perfiles de los estudiantes de acuerdo a su nivel cognitivo y registro de representación que más emplean: numérico o tabular, gráfico y algebraico, con la finalidad de proporcionarles recursos que vayan acorde al perfil detectado y con ello ayudarles, para que de forma gradual, logren resolver problemas de mayor grado de dificultad. Se trabajó con una muestra de 20 estudiantes quienes resolvieron un cuestionario en el sistema y de acuerdo al perfil obtenido, pudieron acceder a los recursos proporcionados por el mismo. Para el tratamiento de la información obtenida del cuestionario, se empleó como herramienta la estadística inferencial. Los resultados obtenidos permitieron concluir que para que el estudiante llegue a la abstracción del modelo matemático requiere, en muchos casos, de visualizar la situación de forma concreta, y en todos los casos, resolver preguntas previas antes de la pregunta final que acostumbran a tener todos los problemas de aplicación en los libros de texto.

### ANTECEDENTES

La formación de ingenieros demanda un considerable aprendizaje de las matemáticas, lo que les permite resolver problemas de orden técnico y tecnológico, pero sobre todo práctico. Las matemáticas que requiere un ingeniero deben constituir recursos, herramientas e instrumentos capaces de lograr la optimización en el uso de los recursos con los que el país cuenta y requiere para su desarrollo (Zúñiga, 2007).

Diversas investigaciones han analizado la eficacia de la enseñanza del Cálculo (Hitt, 2014), por parte de los profesores y del aprendizaje de la misma por parte de los alumnos, tanto en el nivel Medio Superior como en Nivel Superior y señalan que los estudiantes están más acostumbrados a un trabajo algebraico que a un desarrollo conceptual en las aulas de clase, lo que conduce al estudiante a no realizar un análisis de las problemáticas planteadas y con ello, a no lograr un aprendizaje significativo que lo ayude en la resolución de tareas fuera del ámbito educativo.

Camarena (2006) menciona que "parte de la problemática en ingeniería es que la matemática se encuentra totalmente desvinculada de las asignaturas de la ingeniería", lo que conduce a señalar que "saber matemáticas" sólo significa para la mayoría de los alumnos, tener alguna habilidad en la resolución de ecuaciones, desarrollar procedimientos, aplicar fórmulas y métodos. En vez de que el estudiante conciba a las matemáticas como algo que le pueda ser útil más allá de eso.

<sup>1</sup> Profesor Colegiado de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional. efruez@ipn.mx.

<sup>2</sup> Profesor Titular C de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional.

mpjvillanueva1972@gmail.com.

<sup>3</sup> Profesor Titular C de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional. salvadormontiel@ipn.mx.

Por último, Zúñiga (2007) y la National Academy of Engineering (2016), refieren que durante la formación de los ingenieros se debe poner énfasis en desarrollar mentes maduras y educar ingenieros que puedan pensar. Además, identifican al uso de las técnicas matemáticas como “un medio poderoso para lograr este objetivo sobre todo si son utilizadas para describir, modelar y resolver situaciones técnicas”.

La modelación matemática es uno de los temas que aparecen en el currículo oculto de los estudios universitarios y que requiere el uso del Cálculo. Al respecto, Camarena (2006), menciona que el ingeniero debe saber modelar pero que en muchos planes y programas de estudio se hace alusión al término “modelación matemática” como parte de la resolución de problemas, pero que dicho término no aparece incluido en el temario de las asignaturas.

En ningún caso se dice cómo incorporar la modelación matemática a los cursos, ni cómo lograr que los estudiantes modelen situaciones de otras áreas o problemas de la vida cotidiana. De hecho, en la mayoría de las ingenierías, que es donde existe más riqueza en contenidos matemáticos, no se imparten asignaturas que se aboquen a elaborar modelos matemáticos, además, algunos de los profesores de matemáticas consideran que este aspecto compete a los profesores de los cursos propios de la ingeniería, mientras que estos últimos presuponen que los maestros de matemáticas son quienes deben enseñar al estudiantes a modelar fenómenos de la ingeniería.

Por otra parte, otras investigaciones confirman, que la enseñanza habitual del Cálculo se basa en la transmisión de conocimientos con un énfasis muy marcado en el desarrollo de habilidades algebraicas y que se desatiende el discernimiento intelectual para la comprensión de ideas, nociones y conceptos (Sánchez, García y Llinares, 2008).

Tal situación ha sido abordada en diversas investigaciones en las que se muestran desde argumentaciones teóricas hasta propuestas para mejorar la calidad del aprendizaje, las cuales incluyen tanto los conocimientos previos con los que debe contar un estudiante para tener éxito en el estudio de Cálculo, como la elaboración de materiales didácticos. Respecto a esta problemática, Moreno (2005) indica que:

La enseñanza de los principios del Cálculo resulta bastante problemática y aunque seamos capaces de enseñar a los estudiantes a resolver de forma más o menos mecánica algunos problemas estándar o bien a realizar algunas derivadas o integrales, tales acciones están muy lejos de lo que supondría una verdadera comprensión de los conceptos y métodos de pensamiento de esta parte de las matemáticas.

Esto genera problemas importantes, ya que el conocimiento generalmente se trata fuera de contextos apropiados.

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Las investigaciones citadas proponen argumentos teóricos, estudian el problema de las deficiencias en la formación científica-básica y hacen propuestas didácticas. Sin embargo, para los fines de esta investigación es elemental considerar que prácticamente no se han realizado estudios sobre el nivel de conocimientos de Cálculo en el contexto de los alumnos de octavo semestre de la Ingeniería en Sistemas Computacionales de una Unidad Académica del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Es importante analizar el nivel que están cursando

porque los alumnos están próximos a terminar su carrera y requieren contar con las bases y el desarrollo de algunas competencias matemáticas que le permitirán un mejor desenvolvimiento fuera de la escuela. Por lo que se hace necesario construir un sistema que primeramente detecte el perfil del estudiante, el cual incluye: nivel cognitivo, carrera que cursan y acercamiento que usan para resolver los problemas de Cálculo, como algebraico, tabular y gráfico, con la finalidad de que se le otorguen los recursos que vayan acordes a dicho perfil y, de esta manera, como mencionan Camarena (2006), Zúñiga (2007) y Moreno (2005), captar el interés de los alumnos para poder reforzar los conocimientos en esta área.

Tomando en consideración lo señalado, en este artículo se presenta un estudio específico de los alumnos de una Unidad Académica del IPN de octavo semestre, los cuales están próximos a egresar, donde se analizan los conocimientos de Cálculo que poseen, además de la facilidad de aplicación de tales conocimientos.

### **Objetivo general**

Implementar un sistema experto como herramienta para detectar perfiles de acuerdo a su nivel cognitivo en relación a la materia de Cálculo, con la finalidad de que los estudiantes accedan a los recursos y materiales adecuados a sus perfiles.

### **Objetivos específicos**

- Conocer la calidad de los conocimientos de los alumnos de octavo semestre de la carrera de Sistemas Computacionales, mediante encuestas y cuestionarios específicos.
- Analizar el nivel de conocimientos de los alumnos mediante los datos estadísticos obtenidos.
- Identificar las deficiencias de conocimientos en los alumnos para preparar material específico. Haciendo énfasis en mejorar la comprensión y aplicación de los conocimientos en situaciones reales.

### **METODOLOGÍA**

Se formularon 3 hipótesis:

**Hipótesis alternativa:** Los alumnos de cuarto nivel creen que el conocimiento de Cálculo no tiene utilidad en su formación, ya que han reprobado alguna asignatura relacionada a Cálculo lo que nos hace pensar que le restan importancia a las materias que no van directamente relacionadas a su área carrera.

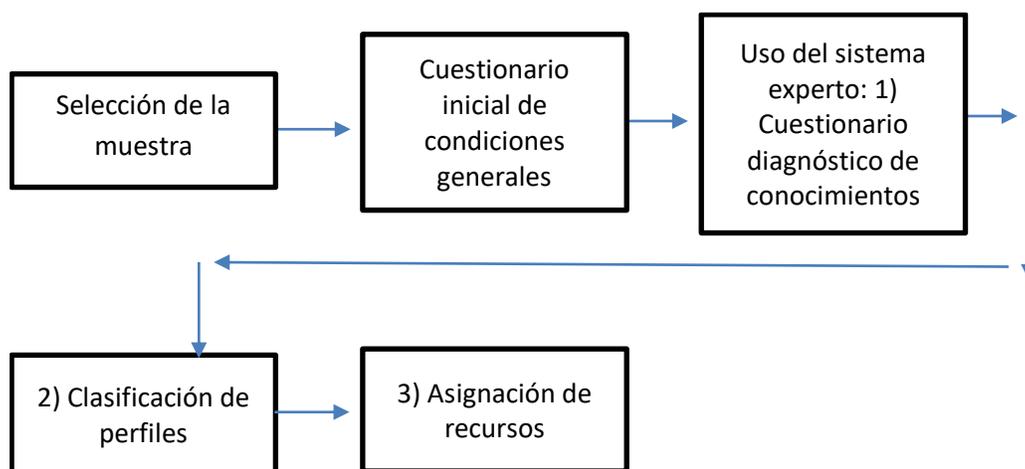
**Hipótesis nula:** No practicar los conocimientos de Cálculo, genera que más del 20 por ciento de los alumnos de cuarto nivel posean conocimientos sólidos y necesarios para realizar ejercicios complejos.

**Hipótesis estadística:** Más del 50 por ciento de los alumnos de octavo semestre poseen problemas de aplicación básicos de Cálculo, por falta de actividades constantes de práctica.

Sobre el diseño de la investigación, ésta fue de carácter experimental, debido a que se seleccionó una muestra de estudiantes quienes cursaban el octavo semestre de su carrera y, en primer lugar resolvieron un cuestionario con la finalidad de conocer las condiciones iniciales de los alumnos. En una segunda etapa trabajaron con el sistema experto.

Se trabajó con 20 estudiantes quienes se encontraban próximos a finalizar su carrera de Sistemas Computacionales. Alumnos cuya edad oscila entre 20 y 21 años. Los alumnos ya habían cursado el total de materias del área de formación básica.

En la Figura 1 se muestra el diagrama de la metodología de la investigación.



**Figura 1. Diagrama de la metodología empleada en la investigación**

### Cuestionario diagnóstico

Las preguntas que conformaron el cuestionario inicial se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1. Cuestionario inicial**

1. ¿Qué materia de formación Básica se te dificultó más?
2. Menciona en qué nivel te consideras que te encuentras en conocimientos de Cálculo.
3. ¿Consideras que las materias en donde usas lo concerniente a Cálculo, son complicadas?
4. ¿Crees que es necesario que se sigan impartiendo materias de matemáticas en los últimos semestres?
5. ¿Qué tan importantes fueron las materias de matemáticas en tu formación como ingeniero?
6. Resuelve el siguiente problema: Halle el límite. Aplique la regla de l'Hospital donde resulte apropiado. Si existe un método más elemental, considere la posibilidad de utilizarlo. Si no puede aplicar la regla de l'Hospital, explique por qué.
7. Resuelva el siguiente problema: Un avión que vuela horizontalmente a una altitud de 1 milla y a una rapidez de 500 millas/h pasa directamente sobre una estación de radar. Calcule la rapidez a la cual la distancia desde el avión a la estación se incrementa cuando está a 2 millas de la estación.

### Trabajo de los estudiantes con el Sistema Experto

Una vez que los 20 estudiantes de la muestra resolvieron un primer cuestionario diagnóstico, se registraron en el sistema experto y resolvieron el cuestionario sobre nivel cognitivo y los registros de representación, el cual les permitió determinar su preferencia por el registro de representación con el que están más acostumbrados a trabajar. Una vez que se les ubicó en uno de los perfiles, el sistema asignó recursos a cada estudiante, de acuerdo a su perfil, con la finalidad de que los estudiantes se sintieran cómodos resolviendo los problemas asignados.

Una vez resueltas las actividades, los alumnos subían el trabajo desarrollado como un archivo adjunto y en el sistema seleccionaban la respuesta presentada en incisos.

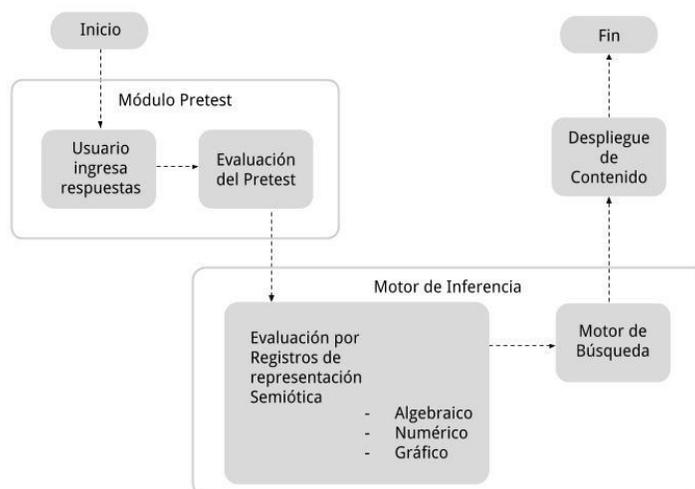
Posteriormente, el sistema proporciona a los estudiantes ejemplos de problemas resueltos, mediante simulaciones, empleando los tres registros, el gráfico, el numérico y el algebraico, para que el alumno pueda revisar la forma de obtener el mismo resultado empleando diferentes registros.

En la parte de recursos educativos digitales también hay una liga que re-direcciona a algún programa que permita al estudiante construir su propia simulación y aplicar los conocimientos empleados.

Finalmente el sistema da nuevos problemas a resolver por el alumno, ofreciéndole opciones de registros para emplear en su resolución.

El sistema cuenta con diversos componentes, módulos y entidades persistentes. Se trabajan problemas de razones de cambio relacionadas, problemas de diferenciales de una función, así como de optimización (todos tópicos de Cálculo), y se interactúa con el alumno a través de un tutor virtual, que le indica el procedimiento a seguir en todo momento (Woolf, 2009). Como se aprecia en la Figura 2, el estudiante comienza por acceder al módulo pretest, donde se le presenta una prueba de diagnóstico que, a través de diversos reactivos, evalúa las habilidades y deficiencias del alumno.

La Figura 3 muestra un ejemplo de la interfaz gráfica de usuario (GUI) proporcionada al estudiante para trabajar con el cuestionario de diagnóstico o pretest. Esta interfaz facilita al usuario los siguientes elementos: el enunciado del problema, una imagen descriptiva, diversas opciones a elegir como respuesta al problema y mecanismos de almacenamiento recurrente asíncrono.



**Figura. 2 Flujo de acción del usuario con el sistema experto.**

**Evaluación de habilidades: optimización**

En un restaurante, el menú diario se monta en un tablero rectangular. La región impresa con las entradas del día comprende 216 pulgadas cuadradas de texto. Si el tablero tiene márgenes de dos pulgadas a los lados y de tres pulgadas arriba y abajo, ¿cuáles son las dimensiones del tablero más pequeño que se puede usar para el menú?

- 12" x 20"
- 12" x 24"
- 16" x 20"
- 16" x 24"

Ninguna de las opciones anteriores

**Figura 3. GUI del pretest o examen de diagnóstico para un registro de representación numérico**

En la Figura 4 se muestra la resolución de un problema de razón de cambio empleando el registro algebraico y en la Figura 5 se muestra la construcción de dicho problema usando un programa de geometría dinámica.

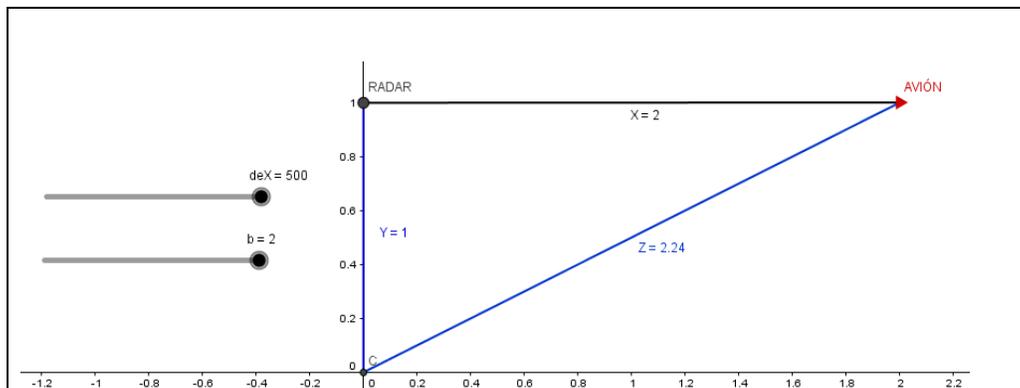
*Un avión que vuela horizontalmente a una altitud de 1 milla y a una rapidez de 500 millas/h pasa directamente sobre una estación de radar. Calcule la rapidez a la cual la distancia desde el avión a la estación se incrementa cuando está a 2 millas de la estación.*

Despejar a z de  $z^2 = x^2 + y^2$  para hallar su valor:  
 $z = \sqrt{x^2 + y^2} \rightarrow z = \sqrt{(2)^2 + (1)^2} \rightarrow z = \sqrt{5}$

Derivando:  
 $2z \frac{dz}{dt} = 2x \frac{dx}{dt}$

Despejando a  $\frac{dz}{dt}$  y sustituyendo valores:  
 $\frac{dz}{dt} = \frac{1}{z} \left( x \frac{dx}{dt} \right) \rightarrow \frac{dz}{dt} = \frac{2(500)}{\sqrt{5}} \rightarrow \frac{dz}{dt} = 447.21 \frac{\text{millas}}{\text{h}}$

**Figura 4. Recurso digital proporcionado por el sistema experto**



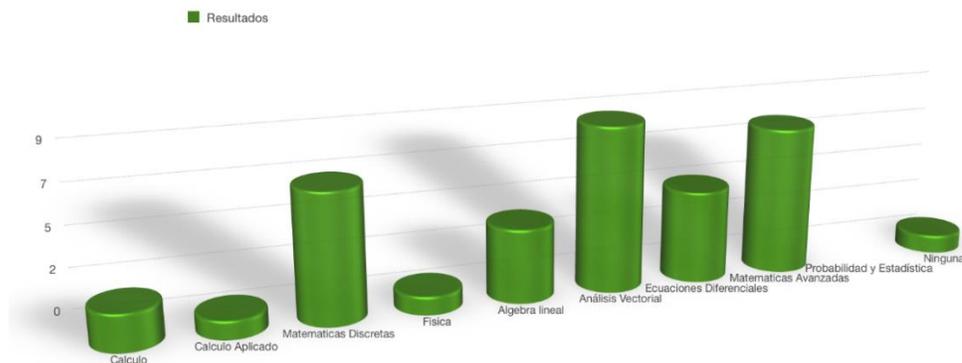
**Figura 5. Recurso digital proporcionado por el sistema experto.**

**DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

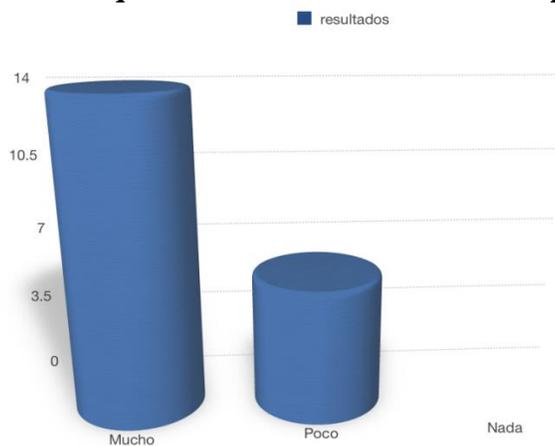
Se presentan en forma de tabla o de gráfica los resultados obtenidos en el cuestionario inicial del sistema.

En la Figura 6 se muestra la gráfica de la pregunta 1, que dice: “¿Qué materia de formación Básica se te dificultó más?”.

En la Figura 7 se presentan los resultados obtenidos en la pregunta 5 del cuestionario de diagnóstico: “¿Qué tan importantes fueron las materias de matemáticas en tu formación como ingeniero?”.



**Figura 6. Gráfico que muestra los resultados de la pregunta 1**



**Figura 7. Gráfico que muestra los resultados de la pregunta 5**

En la Figura 8 se muestran los resultados que se obtuvieron en relación a la pregunta 7 del cuestionario en donde se solicita que el estudiante resuelva un problema en contexto.



**Figura 8. Gráfico que muestra los resultados de la pregunta 7**

De acuerdo a los resultados arrojados por las encuestas aplicadas se obtuvo que la Unidad de Aprendizaje de formación básica que más reprueban los estudiantes es análisis vectorial, seguida de matemáticas avanzadas y ambas requieren del conocimiento de lo que se ve en Cálculo para abordarla. También, cabe resaltar que 18 de los 20 estudiantes encuestados (90%) han reprobado al menos dos materias y sólo un estudiante afirmó no haber reprobado ninguna materia de matemáticas.

El 65% de los estudiantes encuestados dijeron que los temas de Cálculo son complicados y varios comentaron que ésto se debe principalmente a la forma de evaluar y de enseñar de los profesores. Un 60% de los estudiantes afirmó que no es necesario que se sigan impartiendo en los últimos niveles de la carrera materias relacionadas con matemáticas pues consideran que no son fundamentales para la carrera; por el contrario el 40% afirmó que sí es necesario para la formación de un ingeniero, ya que permiten tener una mayor habilidad de razonamiento. Sin embargo, un 70% de los estudiantes concluyen que las matemáticas fueron de mucha importancia para su desarrollo académico y el otro 30% dijeron que sólo fue poco lo que contribuyeron las matemáticas a su desarrollo.

De los ejercicios que integraron el cuestionario diagnóstico se puede rescatar que efectivamente los estudiantes en los últimos niveles empiezan a olvidar los conocimientos adquiridos en las materias de Cálculo, ya que sólo el 35% logró escribir dos fórmulas de derivadas, otro 35% solo escribió una fórmula y el 30% restante no escribió ninguna. Ocurrió algo similar con la resolución de problemas de razón de cambio y de optimización, ya que sólo 1 de los 20 estudiantes (5%) logró resolver exitosamente los problemas planteados.

Principalmente, en el ejercicio de encontrar el límite de una función y en el 7 sobre resolver un problema de aplicación, se observó que han tenido un decaimiento en la competencia de resolución de problemas matemáticos que pudieron haber desarrollado en los primeros semestres de la carrera, ya que sólo el 20% de las personas lograron resolver correctamente

el problema de aplicación. Aunque en el ejercicio de relacionar las gráficas 80% estudiantes contestaron acertadamente a los 4 ejercicios que se presentaron.

## CONCLUSIONES

Una primera conclusión es que en los últimos niveles de la carrera de Sistemas Computacionales, son pocos los estudiantes que aún recuerdan los conocimientos de matemáticas adquiridos en los primeros niveles de la carrera. También se concluye que efectivamente las matemáticas se les complican a muchos estudiantes, debido principalmente a la forma de presentar los contenidos en el aula en donde muchos maestros dan más énfasis al uso de fórmulas y donde predomina el uso de aspectos algebraicos, dejando a un lado el registro de representación gráfico. También señalaron que tiene que ver mucho las bases adquiridas en niveles anteriores. Otro aspecto a destacar es que la mayoría coincidió en que las matemáticas son de gran ayuda en el desarrollo académico de los estudiantes, esto debido a que se va adquiriendo mayor habilidad lógica y de razonamiento, lo cual es fundamental en la formación de todo ingeniero.

A través del análisis de la documentación se concluye que la hipótesis nula es falsa, ya que al aplicar algunos ejercicios se notó que la mayoría no los resolvió y muchos de ellos señalaron que se debía a la falta de práctica. Además también se concluye que la hipótesis alternativa es falsa ya que a pesar de que muchos de los encuestados consideran importante a las matemáticas en su formación académica, señalan que no es necesario que se sigan impartiendo en los últimos semestres. Conforme a los datos obtenidos, el total de estudiantes de la muestra han reprobado por lo menos una materia de las cuales sobresalen Análisis Vectorial, Matemáticas Avanzadas para la Ingeniería y Matemáticas Discretas.

En cambio la hipótesis estadística es verdadera, ya que una de las preguntas del cuestionario sólo pide determinar problemas básicos de Cálculo, esta pregunta denota que los alumnos no recuerdan los conocimientos básicos de Cálculo a pesar de haber cursado Cálculo y Cálculo Aplicado. Pero el no recordarlas implica que no tuvieron un aprendizaje significativo, sino que mayormente usaron la competencia memorística para acreditar las materias. Conforme al estudio e investigación realizada se alcanzaron los objetivos planteados como es analizar el nivel de conocimiento de los alumnos, conocer que conocimientos tienen presentes los alumnos, además de implementar un sistema experto donde se pueden descargar varias guías, ejercicios, links y en el que se encuentran diversos problemas acorde a los perfiles detectados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Camarena P., Trejo E. (2006). Las matemáticas en la formación de un ingeniero: una propuesta metodológica. *Revista de Docencia Universitaria*, Vol.11, número extraordinario. Disponible en: <http://red-u.net/redu/index.php/REDU/article/view/629>
- Hitt, F. (2014). Nuevas Tendencias en la Enseñanza del Cálculo: La Derivada en Ambientes TICE. *Revista AMIUTEM*, 2(2), 1-19. Obtenido de <http://revista.amiutem.edu.mx/ojs/index.php/relecamiutem/article/view/20>
- Moreno, M. (2005). *El papel de la didáctica en la enseñanza del cálculo: evolución, estado actual y retos futuros*. En Maz, Alexander; Gómez, Bernardo; Torralbo,

- Manuel (Eds.), Noveno Simposio de la Sociedad Española de Educación Matemática SEIEM (pp. 81-96).
- National Academy of Engineering. (2016) “*14 Grand Challenges for Engineering in the 21st Century*”. Obtenida en septiembre de 2016. Disponible en: <http://www.engineeringchallenges.org/8996.aspx>
- Sánchez, G., García, M., & Llinares, S. (2008). La Comprensión de la Derivada como Objeto de Investigación en Didáctica de la Matemática. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 11(2), 267 - 296.
- Zúñiga L. (2007). El cálculo en carreras de ingeniería: un estudio cognitivo. *Relime*, vol.10, no.1. México. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-24362007000100007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-24362007000100007&script=sci_arttext)