

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



**SISTEMA TUTOR INTELIGENTE PARA REFORZAR EL APRENDIZAJE
DE GEOMETRÍA EN ESTUDIANTES DE UNA I.E.P. SECUNDARIA DEL
DISTRITO TUMÁN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

AUTOR

NOEMI PAOLA PAZ VILCHEZ

ASESOR

MARIANA CHAVARRY CHANKAY

<https://orcid.org/0000-0001-5136-7177>

Chiclayo, 2021

**SISTEMA TUTOR INTELIGENTE PARA REFORZAR EL
APRENDIZAJE DE GEOMETRÍA EN ESTUDIANTES DE UNA
I.E.P. SECUNDARIA DEL DISTRITO TUMÁN**

PRESENTADA POR
NOEMI PAOLA PAZ VILCHEZ

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

APROBADA POR

María Ysabel Arangurí García
PRESIDENTE

Ernesto Ludwin Nicho Córdova
SECRETARIO

Mariana Chavarry Chankay
VOCAL

Dedicatoria

En primer lugar, a Dios que me concede la dicha de llegar hasta este momento, dándome fuerzas para seguir adelante. A mis padres Mario e Isabel, por brindarme todo su apoyo incondicional, su amor, confianza y sobre todo por sus oraciones hacia mi vida que permitieron que pueda cumplir esta meta. A mi hermana Erika, que siempre me daba ánimo para continuar cuando muchas veces parecía que ya me daba por vencida y a todas esas personitas que estuvieron creyendo en mí.

Agradecimientos

A mi asesora de tesis, la Ing. Mariana Chavarry, por su paciencia, motivación y sugerencias para mejorar y llevar a cabo esta investigación.

A los docentes que me han impartido conocimiento a lo largo de la carrera.

Al director y docente de la I.E.P Internacional “Jeshua” del distrito de Tumán por brindarme las facilidades de realizar la aplicación de la tesis en su institución.

Índice

Resumen	5
Abstract	6
Introducción.....	7
Revisión de literatura.....	8
Materiales y métodos	11
Resultados y discusión	12
Conclusiones	26
Recomendaciones	26
Referencias.....	26
Anexos	29

Resumen

El rendimiento académico en el tema de triángulos en el área de geometría es la preocupación de los estudiantes y del docente de la I.E.P Internacional “Jeshua” del distrito de Tumbán, ya que se ha mantenido bajo los últimos bimestres. A raíz de esta problemática, se comienza una investigación de tipo cuasiexperimental, con el fin de reforzar el aprendizaje del área de geometría en estudiantes de la institución, mediante el desarrollo de un Sistema Tutor Inteligente (STI). De esta manera ayudar a mejorar sus resultados. El software que se ha tomado como producto acreditable, se desarrolló siguiendo cada fase de la metodología MeISE. Se utilizó el modelo de aprendizaje de Van Hiele para clasificar las preguntas realizadas en la pre y post prueba, se modeló el algoritmo matemático basado en la lógica difusa en el cual se obtuvo un nivel de respuesta más acertado. Se implementó el sistema en la Institución Educativa, validando su funcionalidad al considerar como evidencia la lista de cotejo aprobada por el docente. Los resultados obtenidos para el STI, luego de aplicarse a los grupos de pruebas, se logró un incremento en los promedios de calificación entre el Pre y Post-Test, para el G1 o de control un 31.59% y para el G2 un 21.14%. Cumpliendo de esta manera el avance de aprendizaje en los estudiantes.

Palabras clave: sistema tutor inteligente, aprendizaje, reforzar, geometría, lógica difusa

Abstract

The academic performance on the topic of triangles in the subject of geometry is the concern of the students and the teacher at the school “Internacional Jeshua” in the district of Tumán, since it has remained under the average in the last months. As a result of this problem, a quasi-experimental type of research is begun, in order to reinforce the learning of geometry in students of this institution, through the development of an Intelligent Tutor System (ITS). In this way it can help to improve in the results. The software that has been taken as a creditable product, was developed following each phase of the MeISE methodology. Van Hiele’s learning model with which the questions for the Pre and Post Test were classified, the mathematical algorithm based on fuzzy logic was implemented with which more accurate response content was obtained, the system was implemented in the Educational Institution. The results obtained for the ITS, after being applied to the test groups, an increase in the qualification averages between the Pre and Post-Test was achieved, for the G1 or the control by 31.59% and for the G2 by 21.14%. Fulfilling in this way the advancement of learning in the students.

Keywords: intelligent tutor system, learning, reinforce, geometry, fuzzy logic.

Introducción

La enseñanza de las matemáticas siempre se presenta como un reto para los profesionales de la educación. El saber convertir un concepto abstracto en palabras y ejemplos claros que le permitan al alumno asimilarlo, procesarlo y comprenderlo, no es una tarea fácil, y en una clase tradicionalmente impartida, no se llega a conseguir. Teniendo en cuenta que cada alumno tiene diferente manera de aprender las explicaciones de cada tema. Actualmente, por lo menos, 617 millones de niños y adolescentes, no tienen la capacidad de leer una frase simple ni mucho menos realizar un cálculo fácil. Son muchos los que esperan por una educación de calidad que muchas veces nunca aparece [1].

En los resultados obtenidos por PISA en el año 2018, donde se evalúa el rendimiento académico de estudiantes entre 15 años de 80 países, tomando como áreas matemáticas, ciencia y lectura; nos muestra al Perú con un puntaje promedio de 401.7, ubicándose por debajo de los 450, considerándose como un indicador crítico [2]. En este año, se aplicó esta evaluación en Perú, por primera vez PISA lo realizó usando computadoras en la que participaron 342 instituciones de las cuales 70% fueron públicos y 30% privados, siendo evaluados 6971 estudiantes de 15 años [3].

En la Región Lambayeque el índice de los niveles de logro En Inicio y previo al Inicio se encuentran en 38.5% y 24.3% respectivamente; siendo estas cifras muy desalentadoras para estudiantes de segundo grado de nivel secundaria. Además de un porcentaje muy bajo de 14.5 se encuentran en Progreso [4].

La Geometría se considera como un instrumento para la comprensión y el área de matemática más concreta, sutil y relacionada con la realidad. Su aprendizaje sigue una línea secuencial, partiendo desde la observación y el análisis de las formas con sus nexos, hasta el razonamiento formal y la comunicación entre los diversos sistemas geométricos [5].

De acuerdo con la información recopilada de la Institución Educativa Privada: Internacional Jeshua del nivel secundario que es orientada en fe cristiana del distrito de Tumán, Provincia de Chiclayo de la Región Lambayeque; se puede analizar la problemática del bajo rendimiento académico, siendo el área de Geometría, con la temática de triángulos, en donde los estudiantes tienen mayor dificultad en alcanzar los logros de aprendizaje requeridos.

Ante esta realidad, surgió la siguiente interrogante: ¿Cómo reforzar el rendimiento académico de estudiantes en el área de Geometría de una I.E.P del distrito de Tumán?

Para esta tesis, se planteó desarrollar un Sistema Tutor Inteligente (STI) para reforzar el aprendizaje del área de Geometría en estudiantes en una I.E.P secundaria del distrito de Tumán. Apoyándose en los objetivos específicos de evaluar comparativamente modelos de aprendizaje en Geometría, para definir las necesidades educativas de los estudiantes, implementar un algoritmo matemático para proponer el contenido más acertado en el aprendizaje de Geometría., desarrollar el STI para el apoyo en el logro de reforzamiento de aprendizaje del área de Geometría y validar el STI contrastando los resultados de pruebas para evaluar si cumple con los requerimientos necesarios.

Esta investigación se justifica con la aplicación de algoritmos de lógica difusa; así también con un aporte de un software educativo donde se podrá mejorar el rendimiento académico de los alumnos de la institución educativa, para que, de esta manera, pueda ayudar a mejorar las dudas que puedan presentarse con respecto al tema.

Revisión de literatura

Para el desarrollo de esta investigación se procede a hacer un análisis de información. En primer lugar, se detallan investigaciones previas que permiten a ampliar el conocimiento de lo que se propone. Rodríguez [6], para desarrollar este artículo, realizó un análisis del uso y de las características principales de los sistemas tutores inteligentes (ITS), para ello, realizó un estudio de los componentes y su implementación en las diversas áreas del conocimiento. Poniendo en práctica la metodología cuantitativa exploratoria, en la construcción de un Sistema Tutor Inteligente basado en la web, llegando a la conclusión que los ITS se han implementado en las ciencias computacionales y matemáticas. Alfaro [7] propone un Meta-modelo y Arquitectura de sistema para e-learning adaptativo para la educación de nivel superior, basándose en el aprendizaje colaborativo basado en casos y los estilos de aprendizaje y pensamiento. Validando y evaluando la selección de estilos de aprendizaje y de casos. Utilizando el método científico para el proceso de la investigación, tomando como muestra 34 estudiantes de la Escuela Profesional de Marketing del 5to año de la Facultad de Administración de la Universidad Nacional de San Agustín.

Ahora para entender el proceso de aprendizaje de geometría, nos basamos en los niveles de comprensión propuesto por los esposos Van Hiele [8], estos son los siguientes:

TABLA I
NIVELES DE COMPRENSIÓN DE GEOMETRÍA

Nivel	Descripción
Nivel 0: “Visualización y Descripción”	El estudiante observa una figura en su totalidad, de manera global.
Nivel 1: “Análisis”	Los estudiantes pueden analizar cada una de las piezas y características específicas de la figura.
Nivel 2: “Deducción Informal”	Aquí las características se ordenan lógicamente, cada una prosigue o es secuencia de otra anterior. Determinan las figuras de acuerdo con las propiedades que presentan.
Nivel 3: “Deducción Formal”	Es donde los alumnos no alcanzan naturalmente. Aquí se pueden desarrollar sucesiones de enunciados para lograr inferir una propiedad de otra.
Nivel 4: “Rigor”	Los estudiantes están preparados para realizar un análisis exhaustivo de diferentes sistemas deductivos.

Con respecto a las tecnologías de inteligencia artificial, nos centramos en los Sistemas Tutores Inteligentes, Según VanLehn (1988); menciona que un STI “Es una aplicación que utiliza las tecnologías de la Inteligencia Artificial, con la finalidad de demostrar conocimiento, comunicar y enseñar a los estudiantes” [9].

La arquitectura de un sistema tutor inteligente se basa en 4 módulos y estos son:



Fig. 1. Arquitectura de STI

Módulo Dominio de Conocimiento

Este módulo describe la información y las habilidades que se les enseña a los estudiantes. Es donde se estructura todo el material didáctico de estudio, ya sean artículos, diapositivas, videos, con la finalidad que el alumno pueda comprender mejor el concepto; organizando ejemplos prácticos y casos de evaluación que se centrarán en conjuntos de preguntas y que es representado por un enunciado. Esto le permitirá al tutor conectar el material y recuperarlo de una manera más fácil; para de esta manera decidir la temática más factible y sugiriendo al estudiante, de acuerdo con lo que conoce o no, y con lo que está listo para aprender [10].

Módulo del Estudiante

En este módulo se centra en establecer el nivel en el que se encuentra el estudiante de conocimiento, de acuerdo con sus estilos de aprendizaje, además de controlar su progreso respectivo.

Está interconectado con el Módulo del Dominio del Conocimiento, ya que colabora con él, tomando como referencia las peculiaridades del alumno y no solamente del conocimiento, así como la probabilidad que aprendió verdaderamente los conceptos [10].

Módulo Tutor

Es aquí donde se recibe toda la información proveniente del módulo del estudiante con el módulo del dominio, con la finalidad de fijar una estrategia de tutoría personalizada. También, es el encargado de determinar cuáles serán los métodos de evaluación y la retroalimentación del módulo del estudiante [10].

Módulo Interfaz o de Entorno

Es el módulo en donde se presentan los objetos visuales para la interacción con el estudiante y controlar adecuadamente sus acciones [11].

Aquí se dirige la interacción de los otros elementos del sistema, controlando la interfaz persona-computadora.

Da respaldo y proporciona los métodos adecuados para ejecuta las actividades del estudiante. Las interfaces deben ser atractivas, pero sobre todo de uso fácil, de esta manera el estudiante no malgaste su tiempo y pueda emplearlo de la mejor manera posible. Centrando su atención en el entorno visual, mejorando así el proceso de enseñanza-aprendizaje del contenido [12].

Tomando en cuenta los algoritmos matemáticos empleados para el desarrollo del Sistema Tutor Inteligente, luego de analizarlos y compararlos, nos centramos en la lógica difusa, que forma parte de la Inteligencia Artificial, fue revisada por Lofti Zadeh en 1965 en su artículo “Fuzzy Sets”. Se conceptualizó en un principio como “conjunto difuso”, este artículo matemático muestra una definición como “una clase con diversos grados de pertenencia” [13]

Este modelo matemático nos permite elaborar un tratamiento sistemático a la incertidumbre e imprecisión producidas, fundamentalmente, por variables con un alto índice de ambigüedad [13]. Para aplicar este algoritmo se toma en cuenta la siguiente arquitectura:

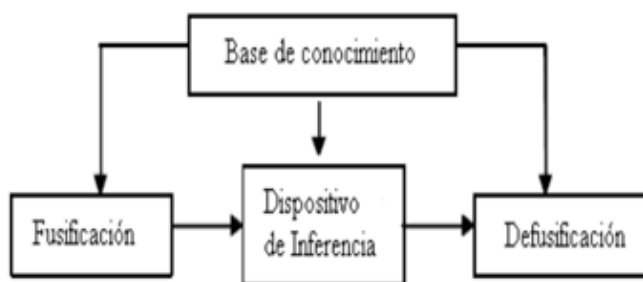


Fig. 2. Arquitectura del Sistema Lógico Difuso [14]

Fuzzificación

Entendida por la toma de variables de entrada y su correcta interpretación, determinando las funciones que cada una aportará en luego de revisar los conjuntos difusos [14]. Asocia un valor numérico con un conjunto difuso, y le asigna un determinado grado de pertenencia [15].

Base del Conocimiento

Regla Difusa: Es el enunciado asociado con los adverbios que pueden cambiar los conjuntos difusos. Cada regla, tienen un modelo de forma IF -> THEN (SI -> ENTONCES SI).

IF <Condición o antecedente> THEN <Conclusión o Consecuente>

Tanto para la <Condición> y la <Conclusión> son proposiciones, y que pueden estructurarse utilizando Disyunciones (OR) o Conjunciones (AND). Para los sistemas cuando la condición es difusa, las reglas se van ejecutando parcialmente y la conclusión es verdadero en diferentes grados. Y en los sistemas clásicos, ambos son verdaderos [15]

Dispositivos de Inferencia

Consiste en controlar los niveles a los que pertenecen a la fuzzificación, y que se apoyaron en la base de reglas, van a generar la posible salida del orden difuso [14]

Defuzzificación

Convierte los datos lingüísticos que derivan del dispositivo de inferencia a datos numéricos, realizando ponderaciones y normalizaciones de las premisas lógicas de los antecedentes. Para el sistema en general uno de los métodos de defuzzificación más empleado es el centroide [15].

Materiales y métodos

Para llevar a cabo esta investigación se desarrolló bajo el modelo Cuasiexperimental, compuesto por dos grupos, RG1, como Grupo DE Control y RG2 como grupo Experimental, en el primero se manipuló la variable independiente, y luego se comparó con el nivel de conocimiento de ambos grupos, para estos se aplicó el Pre y Post Test, en ello intervienen grupos fijos; y está sustentando por Hernández et al [16], como se detalla en la Tabla.

TABLA II
VARIABLES DISEÑO CUASIEXPERIMENTAL

Grupo	Pre-Test	Experimentación	Post-Test
Control (RG1)	O1	X	O2
Experimental (RG2)	O3	-	O4

Donde:

- O1: Aplicación del Pre-Test al G1 de Control.
- X: Presencia de Variable Independiente.
- O2: Aplicación del Post-Test al G1 de Control.
- O3: Aplicación del Pre-Test al G2 Experimental.
- - : Ausencia de Variable Independiente.
- O4: Aplicación del Post-Test al G2 Experimental.

Los métodos que se utilizaron para llevar a cabo esta investigación fueron los siguientes:

TABLA III
MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Método	Descripción
Analítico	Estudio y análisis de las calificaciones de estudiantes de la I.E en el tema de triángulos del área de geometría.
Deductivo	Planificación de la propuesta del Sistema Tutor Inteligencia para cubrir con las necesidades educativas.
Revisión de la literatura	Se realizó la búsqueda de los antecedentes y bases teóricas para los modelos matemáticos que servirá para el entrenamiento del Sistema Tutor Inteligente.
Experimento	Se entrenó el algoritmo matemático basado en la lógica difusa.
Implementación	Se desarrolló el Sistema Tutor Inteligente para apoyar el aprendizaje en triángulos de geometría.

Entre las técnicas e instrumentos de recolección de datos, se realizaron entrevistas al director y docente, revisión documental de las calificaciones de los estudiantes, juicio de experto para el docente.

Para el desarrollo de esta investigación, se aplicó la Metodología MeISE, fundamentado por Álvaro Galvin. La cual se divide en 5 Fases como son Análisis de Necesidades Educativas, Diseño, Desarrollo, Pruebas al Sistema y Pruebas de Campo.

Resultados y discusión

Luego de seguir con la investigación, se lograron los siguientes resultados.

En base a las Metodología

Fase 1: Análisis de Necesidades Educativas

En esta etapa se recolectaron las fuentes de información, para obtener las posibles causas concernientes a la problemática detectada y de esta manera analizar las alternativas de solución de acuerdo con las necesidades, donde se llegó a la conclusión de utilizar un sistema tutor inteligente.

Se realizó la planeación del desarrollo del STI.

Para el modelado del tratamiento funcional y especificaciones del software, se realizaron el modelado del sistema actual del aprendizaje del estudiante. Dentro de las especificaciones, se organizó la arquitectura del sistema tutor inteligente.

Fase 2: Diseño

Para el cumplimiento de esta fase, se desarrolló el entorno del diseño del STI, se definieron los tipos del diseño en el ámbito educativo, comunicacional y computacional.

Para la parte educativa, se limita el alcance y contenido para la aplicación, se tomó en cuenta la temática de triángulos.

Se representó el diagrama del diseño educativo del STI.

Para la parte comunicacional entre el usuario y el sistema, se mostraron las especificaciones básicas y las diferentes interfaces del Sistema tutor, la funcionalidad de cada interfaz se detalla en el Anexo N° 01.

Para el diseño computacional, se muestra el apoyo al estudiante, así como la identificación de los actores y los escenarios. Además de los diagramas de caso de uso para cada uno de los módulos.

Se representó el diagrama entidad relación del STI, con las tablas de base de datos que se emplearon.

Fase 3: Desarrollo

Para la fase de desarrollo, se conceptualizó el modelo, tomando en cuenta el sistema de lógica difusa tipo Mamdani.

Se realizó el entrenamiento del modelo a través de reglas y la aplicación de esta para el pre y post test.

La fusificación, con el dispositivo de inferencia y la defusificación para obtener los resultados más exactos.

Fase 4: Pruebas al Sistema

Para la fase de pruebas al sistema, se validó de acuerdo con las pruebas de testeo de software; la prueba de caja negra, revisando los datos. La prueba de caja blanca analizó el Inicio de Sesión al sistema, de acuerdo con el código fuente del STI.

Fase 5: Pruebas de Campo

Para la fase de prueba de campo, se puso en marcha el STI en la I.E. donde los estudiantes pudieron hacer uso del software y siendo validado este por el docente del área.

En base a los Objetivos Específicos

1. Evaluar comparativamente modelos de aprendizaje en Geometría, para definir las necesidades educativas de los estudiantes.

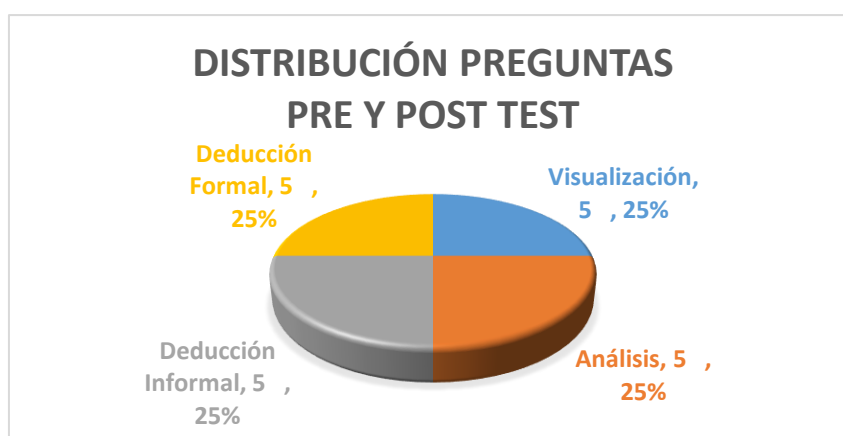
Se consideró tomar el Modelo de Aprendizaje propuesto por Van Hiele como el modelo de aprendizaje que se aplique en Geometría para poder elegir el algoritmo matemático que se ajuste mejor a las necesidades educativas de los estudiantes.

Distribución de preguntas del Pre y Post Test por Niveles de Geometría.

Se consideraron 20 preguntas, tanto para el Pre como para el Post Test; de los cuales, se distribuyeron 5 para cada nivel de aprendizaje de geometría. Se detalla mejor en la Tabla IV

TABLA IV
DISTRIBUCIÓN DE PREGUNTAS DE ACUERDO CON LOS NIVELES EN GEOMETRÍA PRE-TEST

Nivel	N° Preguntas		Frecuencia Relativa	
	Pre y Post Test		Simple	Simple %
	ni	hi	hi%	
Visualización	5	0.25	25.00%	
Análisis	5	0.25	25.00%	
Deducción Informal	5	0.25	25.00%	
Deducción Formal	5	0.25	25.00%	
Total	20	1.00	100.00%	



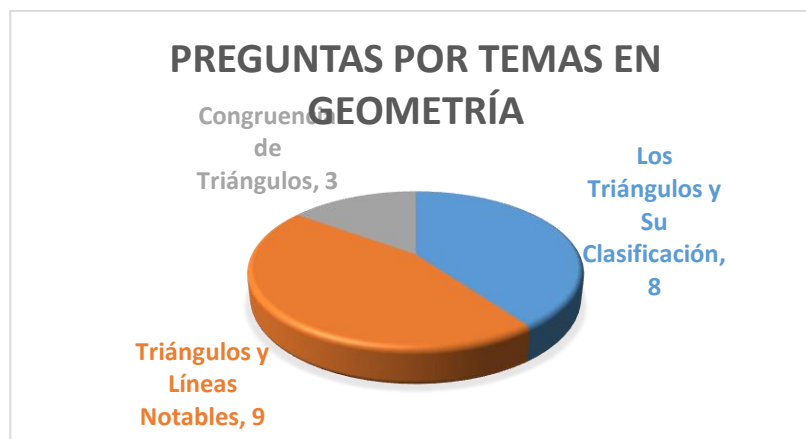
Para el nivel de Visualización, equivale a un 25% del total de las preguntas, para Análisis el 25%, para Deducción Informal un 25% y para Deducción Formal el 25%.

Distribución de preguntas del Pre y Post Test por Temas de Triángulos en Geometría.

Ya sea para el Pre y Post Test, se consideraron 3 temas generales de triángulos. Para el Tema de Triángulos y su Clasificación se asignaron desde pregunta 1 hasta la pregunta 8 que equivale a un 40% del total de las 20 planteadas para cada test; con respecto al tema de Triángulos y Líneas Notables, se plasman desde la pregunta 9 hasta la pregunta 17 que equivale al 45% del total y finalmente para el tema de Congruencia de Triángulos, se distribuyó desde la pregunta 18 a la 20, que representa el 15% del total. Tal como se detalla en la Tabla V.

TABLA V
DISTRIBUCIÓN DE PREGUNTAS DE ACUERDO CON LOS TEMAS EN GEOMETRÍA DEL PRE Y POST-TEST

Tema de Triángulos en Geometría	Rango de Preguntas	N° Preguntas	Frecuencia	Frecuencia
		Pre y Post - Test	Relativa Simple	Relativa Simple %
		ni	hi	hi%
Los Triángulos y Su Clasificación	1 - 8	8	0.40	40.00%
Triángulos y Líneas Notables	9 - 17	9	0.45	45.00%
Congruencia de Triángulos	18 - 20	3	0.15	15.00%
Total		20	1.00	100.00%



2. Implementar un algoritmo matemático para proponer el contenido más acertado en el aprendizaje de Geometría

Se implementó el algoritmo en base a la lógica difusa.

Para ello se siguió paso a paso el modelo de lógica difusa propuesta por Mamdani.

Fusificación

Para esta realizar la fusificación se debe definir las variables de entradas y las variables de Salida. Estas variables van a tomarse en cuenta para comenzar con el entrenamiento del algoritmo.

Variables de Entrada:

TABLA VI
DIFINICIÓN DE LAS VARIABLES DE ENTRADA PARA LA FUSIFICACIÓN

Variables de Entrada	Universo Difuso	Conjunto Difuso	
	Puntos	Puntos	
Visualización (<i>v</i>)	[0 - 5]	Bajo	[0 - 3]
		Normal	[2 - 5]
Análisis (<i>a</i>)	[0 - 5]	Bajo	[0 - 3]
		Normal	[2 - 5]
Deducción Informal (<i>di</i>)	[0 - 5]	Bajo	[0 - 3]
		Normal	[2 - 5]
Deducción Formal (<i>df</i>)	[0 - 5]	Bajo	[0 - 3]
		Normal	[2 - 5]

Se consideró 4 variables de entrada Visualización (*v*), Análisis (*a*), Deducción Informal (*di*) Y Deducción Formal (*df*); teniendo para cada una el Universo Difuso con un rango de [0 - 5] puntos y conjuntos difusos Bajo con [0-3] y Normal [0-5]

```
#Variables de Entrada

visualizacion = ctrl.Antecedent(np.arange(0, 6, 1), 'v')
analisis = ctrl.Antecedent(np.arange(0, 6, 1), 'a')
deduccionInformal = ctrl.Antecedent(np.arange(0, 6, 1), 'di')
deduccionFormal = ctrl.Antecedent(np.arange(0, 6, 1), 'df')
```

Fig. 3. Código de Variables de Entrada – Universo Difuso.

Se definen las variables de entrada en el entrenamiento del algoritmo difuso con un rango (0,6,1), lo que hace alusión al universo difuso [0-5], se debe considerar hasta el 6, ya que simboliza el número máximo del rango +1.

```
#Variables de Entrada - Conjuntos difusos

visualizacion['bajo'] = fuzz.trimf(visualizacion.universe, [0, 0, 3])
visualizacion['normal'] = fuzz.trimf(visualizacion.universe, [2, 5, 5])
analisis['bajo'] = fuzz.trimf(analisis.universe, [0, 0, 3])
analisis['normal'] = fuzz.trimf(analisis.universe, [2, 5, 5])
deduccionInformal['bajo'] = fuzz.trimf(deduccionInformal.universe, [0, 0, 3])
deduccionInformal['normal'] = fuzz.trimf(deduccionInformal.universe, [2, 5, 5])
deduccionFormal['bajo'] = fuzz.trimf(deduccionFormal.universe, [0, 0, 3])
deduccionFormal['normal'] = fuzz.trimf(deduccionFormal.universe, [2, 5, 5])
```

Fig. 4. Código de Variables de Entrada – Conjuntos Difusos.

Se definen también los conjuntos difusos para las variables de entrada del algoritmo, para bajo [0,0,3] y para normal [2,5,5], de acuerdo con lo que se ha definido en sus rangos.

Variable de Salida:

TABLA VII
DIFINICIÓN DE LAS VARIABLE DE SALIDA PARA LA FUSIFICACIÓN

Variables de Salida	Universo Difuso	Conjunto Difuso	
	Puntos	Puntos	
Nivel de Comprensión en Geometría (<i>ncg</i>)	[5 - 20]	Inicial	[5 - 10]
		Intermedio	[8 - 16]
		Avanzado	[14 - 20]

Se consideró 1 variable de salida Nivel de Comprensión en Geometría (*ncg*); teniendo como Universo Difuso un rango de [5 - 20] puntos y como conjuntos difusos Inicial con [5-10], Intermedio [8-16] y Avanzado [14-20].

```
#Variable de Salida
nivelCompetGeometria = ctrl.Consequent(np.arange(5, 21, 1), 'ncg')
```

Fig. 5. Código de Variables de Salida – Universo Difuso.

Se define la variable de salida en el entrenamiento del algoritmo difuso con un rango (5,21,1), lo que hace alusión al universo difuso [5-20], se debe considerar hasta el 21, ya que simboliza el número máximo del rango +1.

```
#Variables de Salida - Conjuntos Difusos
nivelCompetGeometria['inicial'] = fuzz.trimf(nivelCompetGeometria.universe, [5, 5, 10])
nivelCompetGeometria['intermedio'] = fuzz.trimf(nivelCompetGeometria.universe, [8, 12, 16])
nivelCompetGeometria['avanzado'] = fuzz.trimf(nivelCompetGeometria.universe, [14, 20, 20])
```

Fig. 6. Código de Variables de Salida – Conjuntos Difusos.

Se definen también los conjuntos difusos para las variables de entrada del algoritmo, para inicial [5, 5, 10], intermedio [8, 12, 16] y para avanzado [14, 20, 20], de acuerdo con lo que se ha definido en sus rangos.

Base de Reglas

Para la base de reglas, se utilizaron las siguientes:

TABLA VIII
REGLAS PARA EL ENTRENAMIENTO DE ALGORITMO

Reglas	Variables de Entradas				Variable Salida
	Visualización	Análisis	Deducción	Deducción	Nivel de Comprensión de Geometría
			Informal	Formal	
	v	a	di	df	ncg
1	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Inicial
2	Bajo	Bajo	Bajo	Normal	Inicial
3	Bajo	Bajo	Normal	Bajo	Inicial

4	Bajo	Bajo	Normal	Normal	Inicial
5	Bajo	Normal	Bajo	Bajo	Inicial
6	Bajo	Normal	Bajo	Normal	Inicial
7	Bajo	Normal	Normal	Bajo	Inicial
8	Bajo	Normal	Normal	Normal	Inicial
9	Normal	Bajo	Bajo	Bajo	Intermedio
10	Normal	Bajo	Bajo	Normal	Intermedio
11	Normal	Bajo	Normal	Bajo	Intermedio
12	Normal	Bajo	Normal	Normal	Intermedio
13	Normal	Normal	Bajo	Bajo	Intermedio
14	Normal	Normal	Bajo	Normal	Intermedio
15	Normal	Normal	Normal	Bajo	Avanzado
16	Normal	Normal	Normal	Normal	Avanzado

Se consideraron 16 reglas para el entrenamiento del algoritmo, con cada una de las variables de entrada y su respectiva salida. Las reglas fueron de tipo IF_THEN (SI_ENTONCES).

```
#-----Reglas nivelCompetGeometria
rule1 = ctrl.Rule(visualizacion['bajo'] & analisis['bajo'] & deduccinInformal['bajo'] & deduccinFormal['bajo'], nivelCompetGeometria['inicial'])
rule2 = ctrl.Rule(visualizacion['bajo'] & analisis['bajo'] & deduccinInformal['bajo'] & deduccinFormal['normal'], nivelCompetGeometria['inicial'])
rule3 = ctrl.Rule(visualizacion['bajo'] & analisis['bajo'] & deduccinInformal['normal'] & deduccinFormal['bajo'], nivelCompetGeometria['inicial'])
rule4 = ctrl.Rule(visualizacion['bajo'] & analisis['bajo'] & deduccinInformal['normal'] & deduccinFormal['normal'], nivelCompetGeometria['inicial'])
rule5 = ctrl.Rule(visualizacion['bajo'] & analisis['normal'] & deduccinInformal['bajo'] & deduccinFormal['bajo'], nivelCompetGeometria['inicial'])
rule6 = ctrl.Rule(visualizacion['bajo'] & analisis['normal'] & deduccinInformal['bajo'] & deduccinFormal['normal'], nivelCompetGeometria['inicial'])
rule7 = ctrl.Rule(visualizacion['bajo'] & analisis['normal'] & deduccinInformal['normal'] & deduccinFormal['bajo'], nivelCompetGeometria['inicial'])
rule8 = ctrl.Rule(visualizacion['bajo'] & analisis['normal'] & deduccinInformal['normal'] & deduccinFormal['normal'], nivelCompetGeometria['inicial'])
rule9 = ctrl.Rule(visualizacion['normal'] & analisis['bajo'] & deduccinInformal['bajo'] & deduccinFormal['bajo'], nivelCompetGeometria['intermedio'])
rule10 = ctrl.Rule(visualizacion['normal'] & analisis['bajo'] & deduccinInformal['normal'] & deduccinFormal['bajo'], nivelCompetGeometria['intermedio'])
rule11 = ctrl.Rule(visualizacion['normal'] & analisis['bajo'] & deduccinInformal['normal'] & deduccinFormal['normal'], nivelCompetGeometria['intermedio'])
rule12 = ctrl.Rule(visualizacion['normal'] & analisis['bajo'] & deduccinInformal['normal'] & deduccinFormal['normal'], nivelCompetGeometria['intermedio'])
rule13 = ctrl.Rule(visualizacion['normal'] & analisis['normal'] & deduccinInformal['bajo'] & deduccinFormal['bajo'], nivelCompetGeometria['intermedio'])
rule14 = ctrl.Rule(visualizacion['normal'] & analisis['normal'] & deduccinInformal['bajo'] & deduccinFormal['normal'], nivelCompetGeometria['intermedio'])
rule15 = ctrl.Rule(visualizacion['normal'] & analisis['normal'] & deduccinInformal['normal'] & deduccinFormal['bajo'], nivelCompetGeometria['avanzado'])
rule16 = ctrl.Rule(visualizacion['normal'] & analisis['normal'] & deduccinInformal['normal'] & deduccinFormal['normal'], nivelCompetGeometria['avanzado'])

acc_ctrl = ctrl.ControlSystem([rule1, rule2, rule3, rule4, rule5, rule6, rule7, rule8, rule9, rule10, rule11, rule12, rule13, rule14, rule15, rule16])
acc = ctrl.ControlSystemSimulation(acc_ctrl)

#entradas al sistema
acc.input['v'] = VADIDF[0]
acc.input['a'] = VADIDF[1]
acc.input['di'] = VADIDF[2]
acc.input['df'] = VADIDF[3]
acc.compute()
nivel_competencia = acc.output['nCG']
print("nivel de Competencia en Geometria: ", nivel_competencia)

figNCG2 =ctrl.fuzzyvariable.FuzzyVariableVisualizer(nivelCompetGeometria).view(sim=acc)
graph6_url = grafico_variable_fuzzy(figNCG2[0], "static/images/fuzzy/nivelCompetGeometria_defuzz.jpg")
return nivel_competencia
```

Fig. 7. Reglas Difusas – Entrenamiento del Algoritmo

Se ingresaron cada una de las 16 reglas difusas para el funcionamiento del algoritmo y puedan ir contabilizando el puntaje para el Post-Test.

TABLA IX
PUNTAJE DE CADA ÍTEM DE ACUERDO CON SU VERDAD DE RESPUESTA

Pregunta	Variable de Entrada				Ítem Válido			Puntaje por Ítem		
	v	a	di	df	[0]	[1]	[2]	0.25	0.5	1
	[0]	[1]	[2]	[3]						
								[0]		0.5
1			[0]			[1]		[1]		1
								[2]		0.25
								[0]		0.25
2			[1]			[2]		[1]		0.5
								[2]		1
								[0]		1
3			[2]			[0]		[1]		0.5
								[2]		0.25
								[0]		0.5
4			[3]			[2]		[1]		0.25
								[2]		1
								[0]		0.25
5			[0]			[1]		[1]		0.5
								[2]		1
								[0]		0.5
6			[1]			[0]		[1]		1
								[2]		0.25
								[0]		0.25
7			[2]			[1]		[1]		1
								[2]		0.5
								[0]		1
8			[3]			[0]		[1]		0.5
								[2]		0.25
								[0]		1
9			[0]			[0]		[1]		0.25
								[2]		0.5
								[0]		0.25
10			[1]			[1]		[1]		1
								[2]		0.25
								[0]		0.5
11			[2]			[1]		[1]		2
								[2]		0.25
								[0]		1
12			[3]			[0]		[1]		0.25
								[2]		0.5
								[0]		0.5
13			[0]			[1]		[1]		1
								[2]		0.25
14			[1]			[0]		[0]		1

			[1]	0.5
			[2]	0.25
			[0]	0.5
15	[2]	[1]	[1]	1
			[2]	0.25
			[0]	0.25
16	[3]	[2]	[1]	0.5
			[2]	1
			[0]	1
17	[0]	[0]	[1]	0.25
			[2]	0.5
			[0]	1
18	[1]	[0]	[1]	0.5
			[2]	0.25
			[0]	1
19	[2]	[0]	[1]	0.5
			[2]	0.25
			[0]	0.5
20	[3]	[2]	[1]	0.25
			[2]	1

Cada pregunta tiene asignada una variable de entrada, para Visualización [0], Análisis [1], Deducción Informal [2] y Deducción Formal [3]; así mismo posee 3 ítem de respuesta [0], [1] y [2]. Cada uno tienen un peso asignado de acuerdo con la validez de la respuesta. Esto con el fin, que al momento de entrar a la defusificación puedan calcularse matemáticamente los valores y emitir una respuesta exacta en el nivel de competencia.

```

@app.route('/post_diagnostico')
def post_diagnostico():
    if 'loggedin' in session:
        respuestas = [1,2,0,2,1,0,1,0,0,1,1,0,1,0,1,2,0,0,0,2] #1 punto
        medias_respuestas = [0,1,1,0,0,1,2,1,2,2,0,2,0,1,0,1,2,1,1,0] #0.5 puntos
        VADIDF = [0,0,0,0] # POS ==> 0 = V, 1 = A, 2 = DI, 3 = DF
        selections = request.args.get('selections')
        print ("respuestas: ",respuestas)
        selections=selections.strip('[]')
        res = selections.split(',')
        i=0
        print ("res:",res)
        for elem in res:
            pos=i%4
            if respuestas[i] == int(elem):
                VADIDF[pos]+=1
            else:
                if medias_respuestas[i] == int(elem):
                    VADIDF[pos]+=0.5
                else:
                    VADIDF[pos]+=0.25
            i=i+1
        print ("VADIDF: ",VADIDF)
        nivel_competencia = ParteDifusa(VADIDF)
        nivel_competencia = round(nivel_competencia,2)
        if(nivel_competencia>16):
            msg= 'El estudiante ya se encuentra con un nivel AVANZADO en Geometría!'
            msg+= ' --> Y tiene una nota en el post test de: '+ str(nivel_competencia)
        else:
            msg= 'El estudiante tiene una nota de '+ str(nivel_competencia)

```

Fig. 10. Entrenamiento Post Test – Entradas y Validación

Se ingresan las respuestas válidas con peso de 1 punto, y las medias respuestas que equivalen 0.5; además se ingresan en [0] cada una de las entradas ya que luego va a ir tomado sus valores predeterminados. Se valida los contadores de acuerdo con estas respuestas para que luego obtenga el nivel de competencia (comprensión) que referencia a las reglas que se van a validar.

Si el nivel se encuentra en un rango mayor a 16, el mensaje mostrará un nivel Avanzado en el proceso, de lo contrario, puede volver a realizar el test.

Defusificación

Para la defusificación, se tomó en cuenta el modelo de inferencia del centroide, de acuerdo con las variables de entradas y su variable de salida, internamente el algoritmo ejecuta los cálculos muestra un resultado para cada uno de los estudiantes.

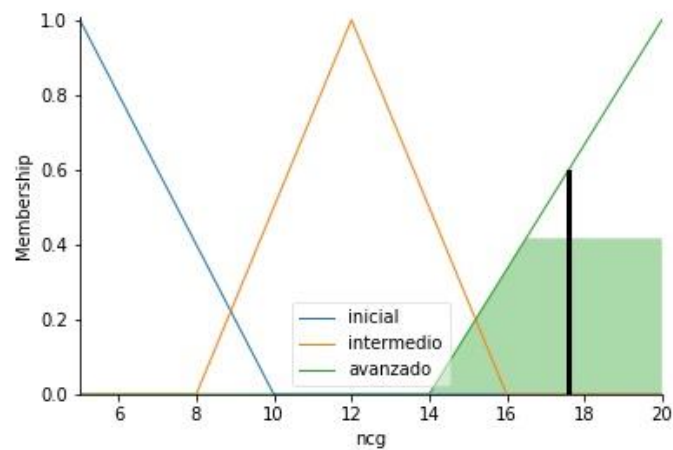


Fig. 11. El resultado de la defusificación para el estudiante - Centroide

Los resultados luego de realizar la sumatoria interna de los puntos que logró obtener el estudiante de acuerdo con las respuestas que seleccionó, muestra el punto medio que dará como resultado la calificación final y su nivel en el que se encuentra.



Fig. 12. El resultado para el estudiante y calificación obtenida y videos recomendados



Fig. 13. El resultado para el estudiante – Nivel y calificación obtenida

El mensaje que le mostró a cada estudiante luego de realizar su post test, muestra tanto el nivel, como su calificación final.

3. Desarrollar el STI para el apoyo en el logro de reforzamiento de aprendizaje del área de Geometría.

Se desarrolló el STI, en base a las necesidades educativas, se evidencia en el desarrollo de la tesis, además de la carta de aceptación de la Institución Educativa con respecto al producto acreditable como se detalla en el Anexo N° 03. Además de ser validado por el docente en una lista de cotejo de validación de experto como se detalla en el Anexo N° 02.

4. Validar el STI contrastando los resultados de pruebas para evaluar si cumple con los requerimientos necesarios.

Para el validar que el STI cumpla con los requerimientos necesarios, se aplicó en el Pre y Post Test para los dos grupos de la población.

La población estuvo conformada por 44 estudiantes del nivel secundaria de la Institución Educativa Privada Internacional Jeshua del Distrito de Tumbán, se dividió en dos grupos fijos de 22 estudiantes cada uno. Resolvieron su Pre-Test, solo con los conocimientos previos que manejaban, luego de que el tutor les dio la sugerencia en que tema deberían de reforzar con respecto a triángulos, observaron los videos que se presentan teórico-práctico, pudieron realizar su Post Test obteniendo mejores calificaciones, de esta manera se cumple con este objetivo.

Luego de este proceso, se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA X
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS APLICADAS EN EL STI

N°	G1		G2	
	Pre Test	Post Test	Pre Test	Post Test
1	9	17	9	15
2	9	17	12	14
3	11	17	8	12
4	7	16	9	14
5	13	17	7	13
6	8	16	11	14
7	13	17	9	11
8	13	17	10	15
9	9	17	9	14
10	8	17	9	12

11	11	16	8	14
12	12	16	11	15
13	14	17	12	14
14	10	17	6	11
15	13	17	14	15
16	11	16	6	13
17	6	17	12	15
18	10	16	8	15
19	8	17	11	14
20	9	16	10	15
21	11	17	11	16
22	12	16	10	14
Promedio	10.32	16.64	9.64	13.86

Para el G1 que es el Grupo de control, donde se aplicó el STI, su promedio general de las calificaciones obtenidas para el Pre-Test es de 10.32y para el Post Test es de 16.64, visualizando de esta manera una mejora en su aprendizaje.

Para el G2, su promedio general de las notas obtenidas para su Pre-Test es de 9.64 y para su Post Test un 13.86, verificándose de esta manera que se ha al no aplicarse el STI completo, los resultados no son del todo favorables.

Resultados G1- Grupo Control:

Los resultados del promedio para el Pre y Post Test del grupo de control o G1, se detallan en la siguiente tabla:

TABLA XI
RESULTADOS DEL PRE Y POST TEST PARA EL GRUPO 1

Grupo 1	Promedio	Frecuencia	Frecuencia
		Relativa Simple	Relativa Simple %
		hi	hi%
Pre Test	10.32	0.52	51.59%
Post Test	16.64	0.83	83.18%
Total	20.00	1.00	100.00%

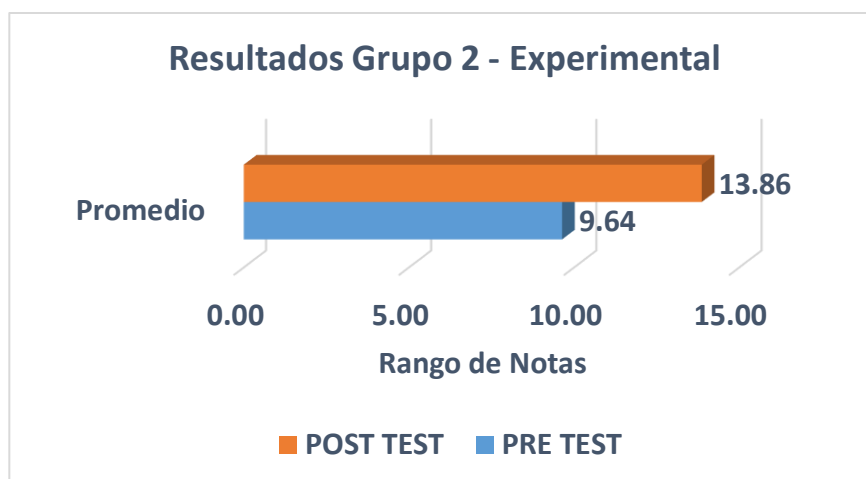


El promedio del Pre-Test es de 10.32, que constituye una frecuencia relativa simple de 0.52 y un porcentaje de dicha frecuencia es de 51.59%, y su post test tiene un promedio de 16.64, una frecuencia de 0.83 y un porcentaje de frecuencia es de 83.18%, lo que muestra que el progreso en el aprendizaje en geometría para ese grupo de control luego de pasar por el tratamiento del uso del STI es de un 31.59%.

Resultados G2- Grupo Experimental:

TABLA XII
RESULTADOS DEL PRE Y POST TEST PARA EL GRUPO 2

Grupo 2	Promedio	Frecuencia	Frecuencia
		Relativa Simple	Relativa Simple %
		hi	hi%
Pre Test	9.64	0.48	48.18%
Post Test	13.86	0.69	69.32%
Total	20.00	1.00	100.00%



El promedio del Pre-Test es de 9.64, que constituye una frecuencia relativa simple de 0.48 y un porcentaje de dicha frecuencia es de 48.18%, y su post test tiene un promedio de 13.86, una frecuencia de 0.69 y un porcentaje de frecuencia es de 69.32%, lo que muestra que el progreso en el aprendizaje en geometría para ese grupo de experimento sin haber pasado por el tratamiento del uso del STI es de un 21.14%.

Llegamos a la parte de las discusiones, luego de presentar el el análisis y aporte de la presente tesis, comparándola con otras ya revisadas, contrastando los resultados que se obtuvieron y con las metodologías que se emplearon para el desarrollo de cada investigación. El producto acreditable desarrollado buscó apoyar en mejorar el aprendizaje en triángulos para geometría. Esto en consecuencia a la necesidad que presentan los estudiantes de la I.E.P “Internacional Jeshua” del distrito de Tután.

En [6] provee las principales características de los sistemas tutores inteligentes para poder aplicarlos en la educación, así mismo, hace una revisión de la literatura de las diversas metodologías y técnicas de inteligencia artificial para el desarrollo del software. Sin embargo, solo plantea la teoría, no realiza un prototipo funcional para poner en práctica sus postulados. Del mismo modo, [17] solo realiza la planificación que debería seguirse en el desarrollo de un Software Inteligente para lograr mejorar el aprendizaje, más no realiza la construcción del sistema para validar que realmente esta plataforma va a contribuir con sus propuestas. En [18], aplica en las pruebas de su investigación, un TAI (Test Adaptativo Informatizado), del cual obtuvo buenos resultados, pero no se responde a los niveles de aprendizaje en el que se encuentra el estudiante, solo se muestran los puntajes obtenidos. En cambio, [7] logra desarrollar un modelo inteligente muy interesante basado en el Razonamiento en Casos (CBR), y Aprendizaje de Refuerzo (RL), pero los califica solo en los rangos de establecidos, ya que solo se basa en casos frecuentes. Sin embargo, [19] utiliza una herramienta interactiva online “repl.it” que le permitía editar y ejecutar los códigos en Python, para mejorar el aprendizaje en matemáticas, teniendo como guía la lógica de la programación, sin embargo, no se desarrolló un software propio para hacer estas validaciones. Los resultados de la presente investigación se asemejan con los que se concluyen en [20], puesto que, utilizaron un pre-test y post-test, juntamente con sus criterios de calificación para realizar las comparaciones de grupo de control y experimental, pero en nuestra investigación, no se aplican niveles exactos, sino también, les da un margen de pertenencia a otro, esto se puede lograr gracias a la implementación del algoritmo matemático, como es la lógica difusa, que le da un mejor nivel de asertividad al clasificarlos.

Finalmente, cabe resaltar que, a diferencia de los antecedentes que se han tomado en cuenta, en esta investigación si realizamos un sistema funcional, haciendo uso de algoritmo matemático

y validando de acuerdo con los resultados que se cumple con la mejora del aprendizaje de los estudiantes en triángulos de geometría.

Conclusiones

Se concluye con esta investigación, que el considerar como Modelo de aprendizaje en geometría propuesto por Van Hiele, mejoró la formulación y orden en el que se distribuyeron las preguntas de las pruebas, de acuerdo con sus necesidades educativas.

Segundo, Se llegó a implementar la lógica difusa como algoritmo matemático, con el que se obtuvo una respuesta más precisa del Sistema Tutor Inteligente, con respecto a los niveles de aprendizaje en el que se encuentra cada estudiante.

Tercero, se verificó que, al aplicar el Sistema Tutor Inteligente en los estudiantes, se logró apoyar en la mejora del progreso de su aprendizaje, validado por la misma Institución Educativa.

Y finalmente, Se consiguió contrastar los resultados de los estudiantes del pre y post test para los grupos de control y experimental, apoyando de manera favorable y positiva el aprendizaje en el tema de triángulos que corresponde a la geometría.

Recomendaciones

Para trabajos futuros, se recomienda que el Sistema Tutor Inteligente sea adaptado para reforzar otros temas en las matemáticas, tanto para el nivel primario, así como, secundario.

También, que las Instituciones Educativas de Nivel Básico Regular puedan incorporar en su maya curricular la utilización de este sistema tutor inteligente, para que, de esta forma, los alumnos puedan seguir reforzando sus conocimientos en los temas desarrollados en clases.

Y finalmente , se recomienda Complementar al Software un chat bot, para poder tener una comunicación fluida con su docente.

Referencias

- [1] UNESCO. Instituto de Estadística, “Estadísticas para Fomentar el Aprendizaje COMPENDIO 2018 DE DATOS SOBRE EL ODS 4 RESUMEN,” 2018. Accessed: Jun. 01, 2021. [Online]. Available: <https://bit.ly/3vQ5jFS>
- [2] “PISA 2018 Worldwide Ranking - average score of mathematics, science and reading - FactsMaps.” <https://bit.ly/3u0EmhA> (accessed Jun. 02, 2021).
- [3] “Resultados PISA 2018 | UMC | Oficina de Medición de la Calidad de los Aprendizajes.” <http://umc.minedu.gob.pe/resultadospisa2018/> (accessed Jun. 02, 2021).

- [4] MINEDU, “¿Qué aprendizajes logran nuestros estudiantes?”
- [5] G. Vargas Vargas *et al.*, “UNICIENCIA,” Universidad Nacional, Costa Rica, 2013. Accessed: Jun. 02, 2021. [Online]. Available: www.revistas.una.ac.cr/uniciencia
- [6] M. H. Rodríguez Chávez, “Sistemas de tutoría inteligente y su aplicación en la educación superior,” *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 11, no. 22, p. 175, Jan. 2021, doi: 10.23913/ride.v11i22.848.
- [7] L. Alberto Alfaro Casas, “Modelo Inteligente para la Gestión De Aprendizaje Aplicando Case Based Reasoning (CBR) Y Reinforcement Learning (RL),” Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú, 2019. Accessed: Jun. 02, 2021. [Online]. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8781>
- [8] M. Judith Mazzitelli, “Desarrollo De Habilidades Básicas a través del Estudio Geométrico de Mosaicos,” Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Accessed: Jun. 02, 2021. [Online]. Available: <https://bit.ly/3p9zUvv>
- [9] “Tutores inteligentes - EcuRed.” https://www.ecured.cu/Tutores_inteligentes (accessed Jun. 02, 2021).
- [10] L. Fernanda and Q. Saavedra, “Prototipo de un De Tutor Inteligente para el Aprendizaje de la Programación De Computadores,” Facultad de Ingeniería, 2016. Accessed: Jun. 02, 2021. [Online]. Available: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/14968>
- [11] D. Berenice, L. Tavares, O. Álvarez Xochihua, A. J. Arámburo, and D. S. Guzmán, “Sistema de Tutores Inteligentes para Ayudar a Estudiantes de Bachillerato en la Solución de Problemas de Matemáticas,” *Am. J. Phys. Educ*, vol. 10, no. 4, p. 12, 2016, Accessed: Jun. 02, 2021. [Online]. Available: <http://www.lajpe.org>
- [12] F. J. L. Zulma Cataldi, “Sistemas Tutores Inteligentes: Procedimientos, métodos, técnicas y herramientas para su creación.” Accessed: Jun. 02, 2021. [Online]. Available: <https://bit.ly/3cbgLnO>
- [13] M. Delgado, F. Paz, and M. Tupia, “Sistemas de Lógica Difusa para la Evaluación de Usabilidad de Sitios Web de Gobierno Electrónico: Una Revisión Sistemática,” 2021. Accessed: Jun. 02, 2021. [Online]. Available: <https://bit.ly/2RjcszH>
- [14] N. Fernández, L. Carvajal, and E. Colina, “Sistema Difuso Tipo Mamdani para la Determinación Genérica de la Calidad del Agua. Mandani Fuzzy System for General Water Quality Determination,” *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, vol. 8, no. 1, Universidad de Pamplona, Pamplona- Colombia, p. 2010, 2010. Accessed: Jun. 02, 2021. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90315226002>

- [15] S. Diciembre Sanahuja, “Sistemas de Control con Lógica Difusa: Métodos de Mamdani y de Takagi-Sugeno-Kang (TSK),” Oct. 2017, Accessed: Jun. 02, 2021. [Online]. Available: <http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/173788>
- [16] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, and M. del P. Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación*, vol. 6. México D.F.: McGraw-Hill/ Interamericana Editores S.A. De C.V, 2014. Accessed: Jun. 02, 2021. [Online]. Available: <https://bit.ly/2Tyvlzp>
- [17] A. Benavides Cabrera, “Diseño de un software inteligente para mejorar el aprendizaje en estudiantes de la institución educativa Flores de Vila, Lima-2019,” Universidad Científica del Sur, 2019. Accessed: Jun. 02, 2021. [Online]. Available: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/893>
- [18] R. Contreras Juárez, E. Archundia Sierra, H. D. Ramírez Hernández, N. B. Espinoza Hernández, and V. J. Hernández Moyotl, “Sistema de Evaluación Inteligente para Medir Habilidades de Razonamiento Matemático,” *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, vol. 13, no. 1, p. 251, Apr. 2020, doi: 10.15366/riee2020.13.1.012.
- [19] W. Auccahuasi, D. Vega, G. Bernardo, M. Bernardo, R. Urbano, and E. Oré, “Innovation in Education and Inclusion.” doi: 10.18687/LACCEI2018.1.1.573.
- [20] R. Miranda, B. Yhasmya, P. Durán, W. Ernesto, and L. Paz -Bolivia, “Educación Superior Vol. VI (Nº 2) Pág,” Sep. 2019. Accessed: Jun. 02, 2021. [Online]. Available: <http://ojs.cepies.umsa.bo/index.php/RCV/article/view/42>

Anexos

ANEXO N° 01. INTERFACES DEL SISTEMA

Ítem 1: Acceso al Sistema - Ingreso al Sistema



Fig. 15. Interfaz Ingreso al Sistema

Ítem 2: Panel de Inicio



Fig. 14. Interfaz Pre-Test

Ítem 3: Módulo Tutor Pre-Test

Ítem 3.1: Interfaz de Resultados obtenidos del Pre-Test



Fig. 17. Interfaz de Preguntas en el Pre-Test

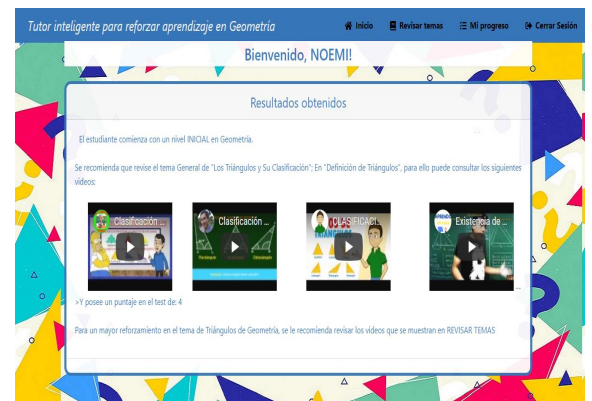


Fig. 16. Interfaz de Resultados emitidos del Pre-Test

Ítem 4: Módulo Conocimiento Revisar Temas

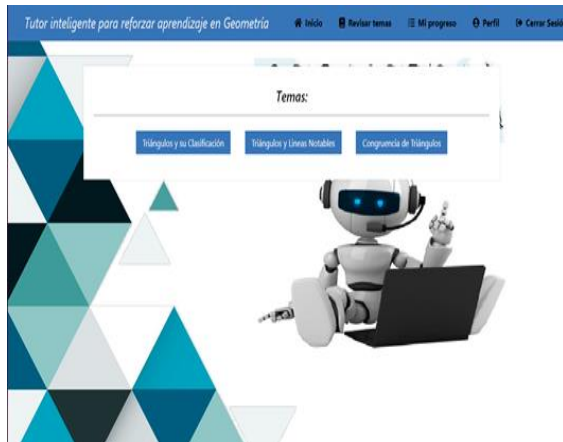


Fig. 19. Interfaz Revisar Temas

Ítem 4.1: Tema Triángulos y su Clasificación

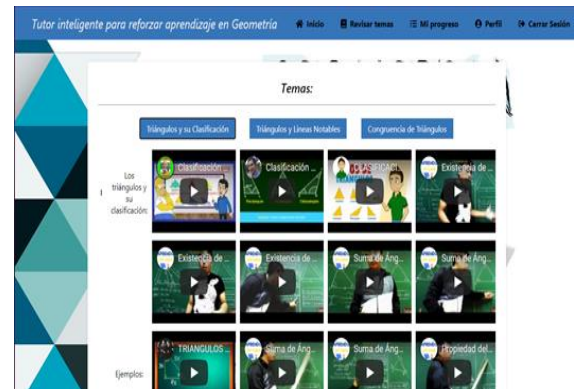


Fig. 18. Tema Triángulos y su Clasificación

Ítem 5: Módulo Tutor Post-Test

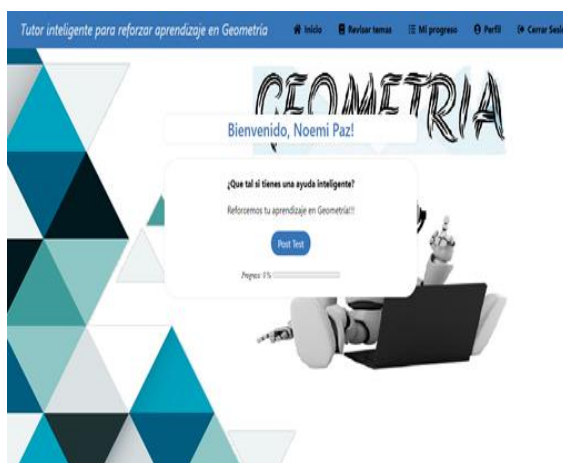


Fig. 21. Interfaz de Post-Test

Ítem 5.1: Interfaz de Preguntas del Post-Test

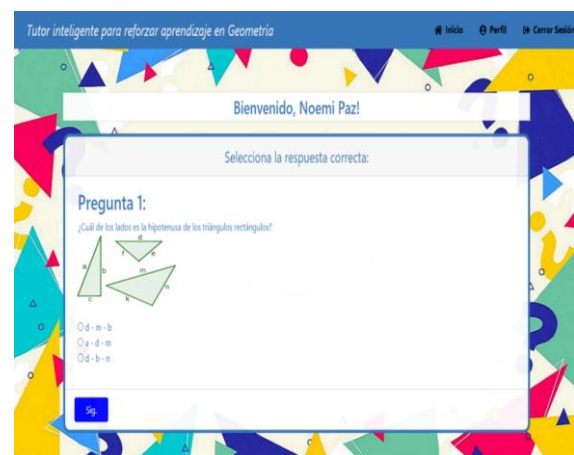


Fig. 20. Interfaz de Preguntas del Post-Test

Ítem 5.2: Interfaz de Resultados obtenidos del Post-Test

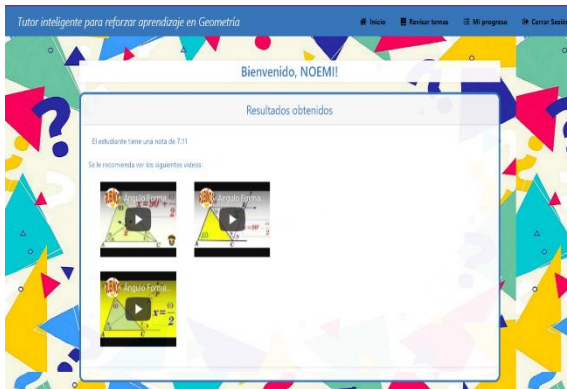


Fig. 23. Interfaz de Resultados emitidos del Post-Test

Ítem 6: Módulo Estudiante – Progreso

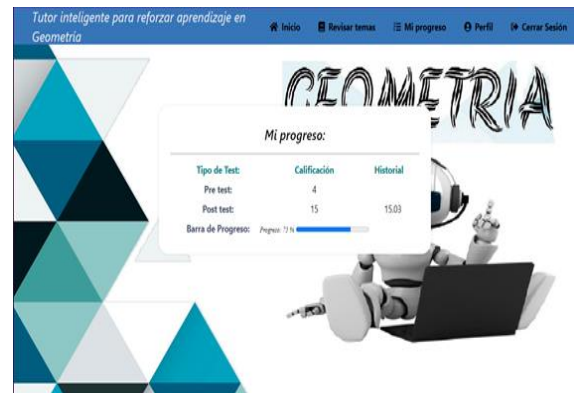


Fig. 22. Interfaz de Mi Progreso

Ítem 7: Perfil del Estudiante



Fig. 25. Interfaz de Perfil del Estudiante

Ítem 8: Resultados - docente

Estudiante	Email	Pre Test	Post Test
	@GMAIL.COM	Nivel Inicial	Nivel Avanzado
	@GMAIL.COM	Nivel Inicial	Nivel Avanzado
	@GMAIL.COM	Nivel Inicial	Nivel Avanzado
	@GMAIL.COM	Nivel Inicial	Nivel Intermedio
	@GMAIL.COM	Nivel Inicial	Nivel Avanzado
	@GMAIL.COM	Nivel Intermedio	Nivel Avanzado
	@GMAIL.COM	Nivel Inicial	Nivel Intermedio
	@GMAIL.COM	Nivel Inicial	Nivel Avanzado
	@GMAIL.COM	Nivel Inicial	Nivel Avanzado
	@GMAIL.COM	Nivel Intermedio	Nivel Avanzado

Fig. 24. Interfaz de Perfil del Estudiante

Ítem 9.1: Administrador – Registro Usuarios: Estudiante - Docente

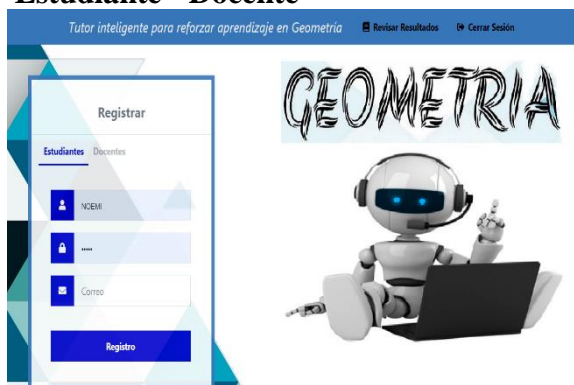


Fig. 27. Interfaz de Registro de usuarios Administrador

Ítem 9.2: Administrador - Resultados

Estudiante	Email	Pre Test	Post Test
ERII	eri@gmail.com	No realizado	No realizado
ERIKA	erika@gmail.com	Nivel Inicial	Nivel Intermedio
IVAN	IVAN@GMAIL.COM	No realizado	No realizado
MARTHA	martha@gmail.com	Nivel Inicial	Nivel Intermedio
NOEMI	noemi@gmail.com	Nivel Inicial	Nivel Inicial
YESENIA	yessenia@gmail.com	Nivel Inicial	Nivel Avanzado

Fig. 26. Resultados Administración

Ítem 10.1: Resultados Pre – Test

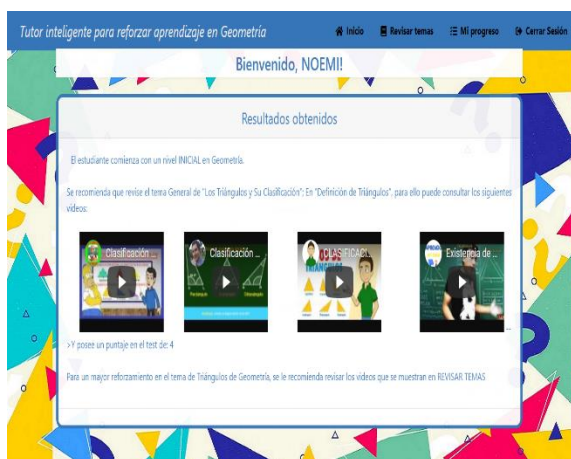


Fig. 29. Respuesta Tutor – Pre Test

Ítem 10.2: Resultados – Pre-Test

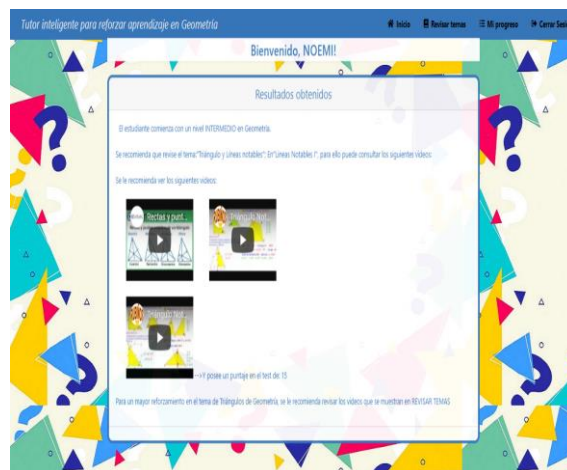


Fig. 28. Respuesta Tutor – Pre Test

**ANEXO N° 02. VALIDACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL PRODUCTO
ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS**

N°	INDICADORES POR EVALUAR	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
		CUMPLE	NO CUMPLE	
Formalidad de la Presentación				
1	Al inicio de la aplicación de la prueba se realizó la presentación de la tesista.	X		
2	Al inicio de la exposición, se presentó el tema y se dio una síntesis de lo que se iba a desarrollar.	X		
Dominio del Tema				
3	Se tiene el conocimiento de lo que se va a desarrollar.	X		
4	Se maneja el material de trabajo, el sistema con el que se aplica la prueba.	X		
5	Se responden a las preguntas formuladas por los estudiantes acerca del sistema tutor.	X		
Organización de los grupos				
6	Se respetan los tiempos acordados para la aplicación de la prueba.	X		
7	Se respetaron los días de aplicación de la prueba con los grupos.	X		
Uso Pertinente				
8	El Sistema Tutor sirve de apoyo para el aprendizaje del estudiante.	X		
9	De acuerdo con los resultados obtenidos, el sistema tutor cumple con el apoyo al aprendizaje del estudiante.	X		
10	El sistema tutor le da brinda el panorama general en el que se encuentran los estudiantes en el tema de triángulos para geometría.	X		


 VICTOR A. VIDAURRE OLAZABAL
 DOCENTE

Fig. 30. Lista de Validación de experto del docente

ANEXO N° 03. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS

INSTITUCION EDUCATIVA PRIVADA
INTERNACIONAL
"Jeshua"
Una Educación Diferente

RDRS N° 0021 - 2008 - GR - LAMB/DREL



CONSTANCIA DE APROBACION DE PRODUCTO ACREDITABLE

El Director de la Institución Educativa Privada "INTERNACIONAL JESHUA" con código Modular N° 1370246 del Distrito de Tután,

Por medio de la presente certifica la aprobación de la aplicación web presentada por la señorita Noemi Paola Paz Vilchez, como producto acreditable de su trabajo de investigación de fin de grado, cumpliendo los requisitos establecidos y objetivos planteados por este.

Se expide la presente constancia a petición de la interesada para los fines que crea conveniente.

Tután 25 de mayo del 2021

Atentamente



I.E.P. "INTERNACIONAL JESHUA" TUMÁN
GRUPO - LAMBAYEQUE VOLCANES
[Firma]
Lic. Víctor Raúl Romos Torres
DIRECTOR

Sector Pampa el Toro Mz. 23 Lt 11 (frente al parque principal) - Teléfono: 319518

Instruye al niño en su camino. Y aun cuando fuere viejo no se apartará de él.

Fig. 31. Carta de Aceptación del Producto Acreditable del STI.