



Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán

TESIS

TEMA

*“ESPACIO EUCLIDIANO TRIDIMENSIONAL
MEDIADO A TRAVÉS DE LA REALIDAD VIRTUAL
INMERSIVA”*

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

PRESENTA:

DIEGO ARMANDO GUILLEN DE LA CRUZ

DIRECTORES:

Dra. Karla Liliana Puga Nathal

M.C.I.E. María Eugenia Puga Nathal

Dr. Ismael Edreín Espinosa Curiel

CD. GUZMÁN JALISCO, MÉXICO, ENERO DE 2019



Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán

Cd. Guzmán, Jal. a 25/ENERO/2019

Oficio No. DEPI/06/19

ASUNTO : AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

C. DIEGO ARMANDO GUILLEN DE LA CRUZ
N.C. M16290032

En cumplimiento con el documento normativo de las disposiciones para la operación de estudios de posgrado del Tecnológico Nacional de México y con base en la aprobación del Comité Tutorial comisionado para su revisión; la División de Estudios de Posgrado e Investigación le otorga la autorización de impresión de su trabajo de tesis titulado:

"ESPACIO EUCLIDIANO TRIDIMENSIONAL MEDIADO A TRAVÉS DE LA REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA"

dirigido por la **Dra. Karla Liliana Puga Nathal** desarrollado como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ingeniería Electrónica, de acuerdo al plan de estudios MCCOM-2011-05.

Sin otro asunto en particular, quedo de usted.



S.E.P. TecNM
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE CD. GUZMÁN
DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E
INVESTIGACIÓN

ATENTAMENTE

DR. HUMBERTO BRACAMONTES DEL TORO
JEFE DE DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

C.p. Archivo



Av. Tecnológico No. 100 C.P. 49100 A.P. 150
Cd. Guzmán, Jal. Tel. Conmutador (341) 5752050
www.tecnm.mx | www.itcg.edu.mx



www.itcg.edu.mx/Sistema de Gestión/Calidad

Índice

| | |
|--|------------------|
| <u>AGRADECIMIENTOS</u> | <u>1</u> |
| <u>RESUMEN</u> | <u>2</u> |
| <u>ABSTRACT</u> | <u>3</u> |
| <u>CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....</u> | <u>4</u> |
| Antecedentes | 4 |
| Planteamiento del problema | 7 |
| Objetivos..... | 8 |
| Objetivo General | 8 |
| Objetivos específicos..... | 8 |
| Preguntas de investigación..... | 8 |
| Hipótesis | 9 |
| Metodología..... | 9 |
| Organización de la tesis..... | 10 |
| <u>CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO.....</u> | <u>11</u> |
| Registros de representación semióticos | 13 |
| Realidad Virtual | 16 |
| La realidad Virtual Inmersiva..... | 17 |
| Sistema de realidad virtual | 17 |
| La inmersión | 18 |
| Gamificación | 19 |
| Objetivo | 21 |

| | |
|--|------------------|
| Reglas | 21 |
| Retroalimentación..... | 21 |
| Participación Voluntaria | 22 |
| La motivación..... | 22 |
| El Flujo | 23 |
| Videojuegos Serios..... | 24 |
| <u>CAPÍTULO 3 DISEÑO Y DESARROLLO DE “IDENTIDAD CUADRÁTICA”</u> | <u>25</u> |
| Proceso del diseño del videojuego | 26 |
| Metodología del diseño | 26 |
| <i>Diseño centrado en el usuario.....</i> | <i>26</i> |
| Estudio Contextual | 26 |
| Sesiones de diseño | 27 |
| Primera Sesión de diseño..... | 28 |
| Primera sesión de evaluación | 29 |
| Segunda sesión de diseño | 30 |
| Segunda sesión de evaluación | 31 |
| Tercera sesión de diseño..... | 32 |
| Tercera sesión de evaluación..... | 33 |
| Cuarta sesión de diseño | 33 |
| Cuarta sesión de evaluación | 33 |
| Quinta sesión de diseño | 33 |
| Quinta sesión de evaluación | 34 |
| Diseño final del videojuego “Identidad Cuadrática” | 35 |
| Descripción general | 36 |
| Niveles | 48 |
| Estructura..... | 48 |
| Gestos | 49 |
| Mecánicas del videojuego | 51 |

| | |
|--|-----------|
| <i>Sistema de Vidas</i> | 52 |
| <i>El sistema de puntuación</i> | 52 |
| <i>Sistema de animación</i> | 52 |
| <i>Sistema de bases de datos</i> | 53 |
| <i>Sistema de mecánicas principal</i> | 53 |
| Escenario de uso | 53 |
| Implementación del videojuego “Identidad Cuadrática” | 54 |
| Metodología de desarrollo | 56 |
| <i>Metodología Ágil y prototipos</i> | 56 |
| Arquitectura del sistema | 58 |
| Herramientas para la implementación del sistema | 59 |
| Motor de videojuego..... | 59 |
| Motores de videojuegos..... | 60 |
| <u>CAPÍTULO 4 EVALUACIÓN DEL VIDEOJUEGO DESARROLLADO</u> | 64 |
| Metodología de la evaluación | 65 |
| Las técnicas e instrumentos | 66 |
| <i>Técnica Think Aloud</i> | 66 |
| <i>La entrevista en profundidad como instrumento en recolección de datos</i> | 67 |
| <i>Video y audio grabaciones.</i> | 69 |
| <i>Evaluación escrita.</i> | 69 |
| <i>Cuaderno de trabajo.</i> | 70 |
| Objetivos de la evaluación | 70 |
| Diseño del estudio | 71 |
| Reclutamiento y características de los participantes | 72 |
| Configuración del estudio de usuario | 73 |

| | |
|--|------------------|
| Procedimiento | 73 |
| Desarrollo del estudio de evaluación..... | 74 |
| Prueba piloto | 76 |
| Colección de datos | 76 |
| Análisis de los datos..... | 81 |
| Resultados | 83 |
| Utilidad | 83 |
| Facilidad de uso | 84 |
| <u>CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO</u> | <u>84</u> |
| Contribuciones | 84 |
| Limitaciones | 85 |
| Trabajo Futuro | 85 |
| <u>CAPÍTULO 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> | <u>86</u> |

Figuras

| | |
|--|--------------------------------------|
| <i>FIGURA 1 ESPACIO EUCLIDIANO TRIDIMENSIONAL</i> | 5 |
| <i>FIGURA 2 LA INTERSECCIÓN DE DOS TUBERÍAS</i> | 6 |
| <i>FIGURA 3 FACES DE UNA METODOLOGÍA CENTRADA EN EL USUARIO</i> | 9 |
| <i>FIGURA 4 DIAGRAMA DE LA METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL VIDEOJUEGO.....</i> | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| <i>FIGURA 5 DOS REPRESENTACIONES DE SUPERFICIES CUADRÁTICAS.....</i> | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| <i>FIGURA 6 PRIMER PROTOTIPO DEL SISTEMA</i> | 30 |
| <i>FIGURA 7 MAQUETADO DE LA INTERFAZ DESARROLLADA POR EL CICESE-UT3</i> | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| <i>FIGURA 8 INTERFAZ DEL SEGUNDO PROTOTIPO CON LA INTERFAZ GRAFICA INTEGRADA</i> | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| <i>FIGURA 9 PANTALLA PRINCIPAL DEL VIDEOJUEGO IDENTIDAD CUADRÁTICA</i> | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| <i>FIGURA 10 VENTANA DEL MÓDULO TUTORIAL.....</i> | 37 |
| <i>FIGURA 11 EJEMPLO DE CÓMO REALIZAR EL GESTO PARA CAMBIAR EL DENOMINADOR DE LA VARIABLE X</i> | 38 |
| <i>FIGURA 12 EJEMPLO DE CÓMO UTILIZAR EL GESTO PARA CAMBIAR EL DENOMINADOR DE LA VARIABLE Y</i> | 38 |
| <i>FIGURA 13 EJEMPLO DEL GESTO PARA CAMBIAR EL DENOMINADOR DE LA VARIABLE EN Z.....</i> | 39 |
| <i>FIGURA 14 EJEMPLO DEL GESTO PARA HACER ROTAR LA SUPERFICIE CUADRÁTICA SOBRE EL EJE DE LAS Y</i> | 39 |
| <i>FIGURA 15 EJEMPLO DEL GESTO PARA ROTAR SOBRE EL EJE DE LAS X.....</i> | 39 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 16 EJEMPLO GESTO PARA ROTAR SOBRE EL EJE DE LAS Z | 40 |
| FIGURA 17 EJEMPLO DEL GESTO PARA REALIZAR EL ZOOM | 40 |
| FIGURA 18 SE MUESTRA LA LISTA PARA SELECCIONAR LAS SUPERFICIES CUADRÁTICAS | 41 |
| FIGURA 19 VENTANA DE INICIO DEL MÓDULO VIDEOJUEGO..... | 45 |
| FIGURA 20 PERSONAJE IMPARTIENDO EL TUTORIAL DE INICIO..... | 45 |
| FIGURA 21 EL JUEGO MUESTRA UNA PREGUNTA DE IGUALACIÓN..... | 46 |
| FIGURA 22 EL VIDEOJUEGO MUESTRA UNA PREGUNTA PARA SELECCIONAR EL MODELO MATEMÁTICO CORRESPONDIENTE | 47 |
| FIGURA 23 BARRA DE CALIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO EN LA PARTIDA..... | 47 |
| FIGURA 24 TABLA CON LAS PUNTUACIONES OBTENIDAS POR LOS JUGADORES | 48 |
| FIGURA 25 SDK BROWSER PROGRAMA QUE PROVEE HERRAMIENTAS AL DESARROLLADOR | 50 |
| FIGURA 26 INTERFAZ PRINCIPAL DEL PROGRAMA KINECT STUDIO | 50 |
| FIGURA 27 PROGRAMA VISUAL GESTURE BUILDER MIENTRAS SE ETIQUETA UN CLIP DE VIDEO PARA SU POSTERIOR PROCESAMIENTO..... | 51 |
| FIGURA 28 SPRITE DENTRO UNITY UTILIZADOS PARA REPRESENTAR EL ESTADO DE LAS VIDAS DEL JUGADOR | 52 |
| FIGURA 29 ETAPAS PARA EL DISEÑO DE LA VERSIÓN BETA DEL VIDEOJUEGO | 54 |
| FIGURA 30 (KENDALL & KENDALL, 2011) PROTOTIPO DE PARCHES (p.156) | 57 |
| FIGURA 31 DIAGRAMA DE EMPLAZAMIENTO DEL SISTEMA | 58 |
| FIGURA 32 PÁGINA OFICIAL DE BLENDER GAME CREATION..... | 60 |
| FIGURA 33 PÁGINA OFICIAL MOTOR GAME MAKER | 61 |
| FIGURA 34 PÁGINA OFICIAL MOTOR UNREAL ENGINE | 61 |
| FIGURA 35 PÁGINA OFICIAL MOTOR UNITY 3D | 62 |
| FIGURA 36 SOFTWARE FLASH CS6 CON EL DISEÑO PARA UN SPRITE | 64 |
| FIGURA 37 EXAMEN PARA EVALUAR EL APRENDIZAJE OBTENIDO | 69 |
| FIGURA 38 CUADERNO DE TRABAJO..... | 70 |

Tablas

| | |
|---|----|
| TABLA 1 HERRAMIENTAS PARA MANIPULAR LAS SUPERFICIES CUADRÁTICAS | 41 |
| TABLA 2 SUPERFICIES CUADRÁTICAS QUE SE PUEDEN SELECCIONAR..... | 42 |
| TABLA 3 SUPERFICIES CUADRÁTICAS..... | 42 |
| TABLA 4 CUADRO COMPARATIVO DISTINTAS CARACTERÍSTICAS DE MOTORES DE VIDEOJUEGOS..... | 62 |
| TABLA 5 RESULTADOS OBTENIDOS POR LOS USUARIOS EN LA EVALUACIÓN FINAL | 81 |
| TABLA 6 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN FINAL DEL SOFTWARE | 82 |

Agradecimientos

Es mi deseo el comenzar expresando mi agradecimiento a mi directora de tesis, Dra. Karla Liliana Puga Nathal, por haber guiado este trabajo, por su gran dedicación demostrada durante el desarrollo de todo este proyecto y realmente agradezco mucho la confianza que siempre me ha brindado.

Un proyecto de tal magnitud no es fácil de concretar sin la ayuda de amigos, y compañeros, es por ello por lo que me gustaría agradecer en especial a Salvador Esparza Godínez, por compartir sus ideas y dedicar su tiempo en función del desarrollo de dicho proyecto.

Agradezco también al Dr. Ismael Edreín Espinosa Curiel por aceptar mi estancia dentro del centro de investigación CICESE-UT3 y compartir tanto sus ideas, experiencia y guía, lo cual impulso en gran medida el desarrollo de este proyecto.

Por su valioso tiempo, sus valiosas aportaciones y consideraciones al momento de evaluar cuidadosamente esta tesis al Dr. Ismael Edreín Espinosa Curiel, Mtra. María Eugenia Puga Nathal y Dr. Daniel Fajardo Delgado sinceramente se los agradezco.

A mi familia, mis padres, mis hermanos y sobrinos gracias a que siempre los tengo presentes me sirven como punto de apoyo para siempre superarme y tratar de ser mejor persona día con día.

A mis amigos por brindarme siempre su apoyo moral aun a pesar de que durante el desarrollo de este proyecto me haya distanciado de ellos.

A todos ustedes que fueron parte del desarrollo de este proyecto y a todos los demás que no haya mencionado directamente, muchas gracias.

Resumen

En este trabajo se describe el diseño, desarrollo, implementación de un videojuego serio llamado “Identidad Cuadrática”. Este videojuego tiene el objetivo de enseñar a los usuarios los conceptos básicos sobre el tema superficies cuadráticas de la disciplina calculo vectorial, lo realiza relacionando dos registros de representación semiótica de dichos conceptos, diseñado en un ambiente de realidad virtual inmersiva, Para su diseño se realizaron tales actividades. El videojuego se desarrolló siguiendo la metodología centrada en el usuario, para la cual el usuario estuvo presente a lo largo del desarrollo del videojuego, utilizando los conceptos de la gamificación, así como los propuestos por los videojuegos serios. El usuario debió tener acceso, antes de jugar, a la parte teórica de los conceptos matemáticos tratados y luego jugar para evaluar dicha teoría.

Finalmente, el videojuego se evaluó por medio de un estudio cualitativo para dar cuenta si mediante el videojuego se promueven aprendizajes en el estudiante respecto al tránsito entre los registros semióticos considerados, en el cual se obtuvieron resultados positivos y oportunidades de crecimiento de la propuesta.

Abstract

In this paper we describe the design, development, implementation of a serious videogame called "Quadratic Identity". This video game has the objective of teaching users the basic concepts on the subject quadratic surfaces of the vector calculation discipline, it is done by relating two registers of semiotic representation of said concepts, designed in an immersive virtual reality environment. such activities. The video game was developed following the user-centered methodology, for which the user was present throughout the development of the game, using the concepts of gamification, as well as those proposed by serious video games. The user must have access, before playing, to the theoretical part of the mathematical concepts dealt with and then play to evaluate said theory.

Finally, the video game was evaluated by means of a qualitative study to find out if through the video game learning is promoted in the student regarding the transit between the semiotic registers considered, in which positive results and growth opportunities of the proposal were obtained.

Capítulo 1 introducción

En este capítulo se describe La importancia del aprendizaje de las matemáticas en específico el tema de cálculo vectorial en el tema superficies cuadráticas, Cuáles son las técnicas que actualmente se utilizan para enseñarlo, Cuales son las dificultades que presenta un alumno al intentar aprender este tema, Se describen los objetivos que se pretenden alcanzar, Las preguntas que guían la investigación, la hipótesis propuesta, la metodología utilizada para el desarrollo del proyecto y finalmente la descripción de la estructura de esta tesis.

Antecedentes

El cálculo vectorial es una disciplina que se oferta en los primeros semestres de las carreras de ingeniería del Tecnológico Nacional de México (ITCG, 2017). En esta disciplina se estudian diversos objetos matemáticos, entre los que destacan los vectores, coordenadas en diferentes sistemas de representación, funciones de varias variables, derivadas parciales, integrales múltiples, entre otros.

Es la asignatura en donde se abordan por primera vez de una manera formal el espacio euclidiano tridimensional, el cual consiste en una estructura constituida por tres ejes mutuamente ortogonales, en donde el primer reto que enfrentan los estudiantes es ubicar coordenadas rectangulares, las cuales requieren de trazos que deberán ser representados en una superficie plana, como una hoja de papel o pizarrón. En la figura 1, se muestra el punto $P(1, 2, 1)$ representado en \mathbb{R}^3 .

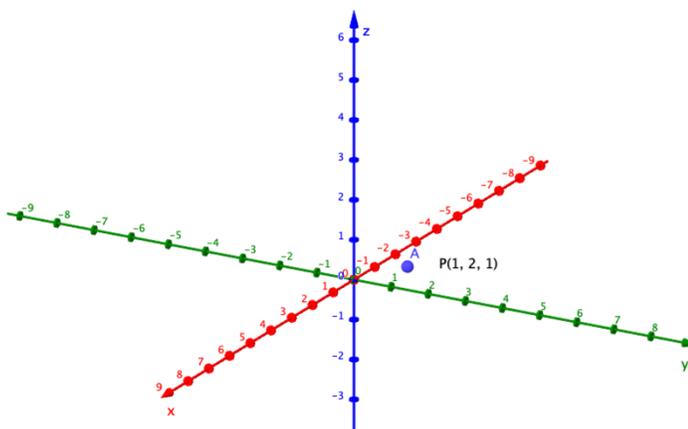


Figura 1 Espacio euclidiano tridimensional

Cuando los estudiantes cursan la asignatura, se espera que estos desarrollen conocimientos y habilidades necesarias para que puedan trazar formas geométricas a partir de modelos matemáticos y viceversa, ya que esto es necesario para abordar conceptos más complejos como cálculo de áreas entre regiones, volúmenes de sólidos con integrales múltiples, planteamientos que involucren gradientes y derivada direccional y centros de masa, por mencionar algunos (Stewart, 2008).

Un ejercicio muy común que se realiza dentro de esta materia es encontrar volúmenes de superficies específicas, que no obedecen un modelo matemático común como los que se plantean en los libros de geometría, Por ejemplo, en la Figura 2. se observa la intersección de dos tuberías (ver Figura 2, inciso a)), y se requiere calcular el volumen de la superficie que se genera en esa intersección (ver Figura 2, inciso b)). Frecuentemente, esta actividad resulta complicado para los estudiantes debido carecen de habilidades de visualización de la tercera dimensión, esto aunado a que deberán realizar trazos en un papel, que representa una superficie plana y si el estudiante o el maestro, carecen de habilidades para dibujar, la situación se tornará aún más complicada. Además,

debido a esta dificultad para visualizar objetos en tercera dimensión, también limita la extracción de datos indispensables para generar el modelo matemático de la superficie.

El problema principal que enfrentan los estudiantes es interpretar la forma que se genera en dicha intersección y que carecen de habilidades de visualización de la tercera dimensión, esto aunado a que deberán realizar trazos en un papel, que representa una superficie plana y si el estudiante o el maestro, carecen de habilidades para dibujar, la situación se tornará aún más complicada.

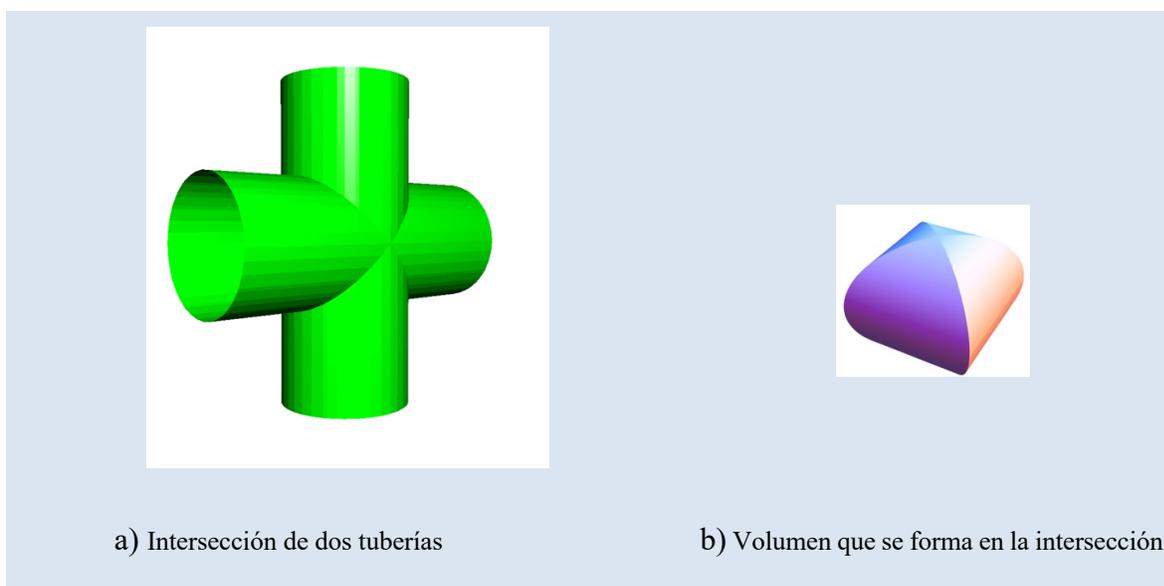


Figura 2 La intersección de dos tuberías

En la figura 2, se observa la intersección de dos tuberías, un problema real que se presenta en el aula, el objetivo es calcular el volumen de la superficie que se genera en esa intersección. Esto resulta complicado para los estudiantes que carecen de habilidades de visualización y por tanto, no son capaces de extraer datos indispensables para generar el modelo matemático de la superficie, por lo que se torna imperante el planteamiento de propuestas didácticas que coadyuven

al desarrollo de habilidades para la visualización de gráficas en el espacio tridimensional y su relación con su modelo matemático.

Las técnicas de enseñanza que actualmente utilizan los docentes del área de ciencias básicas del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán que imparten este tema en concreto son diversas ellos concluyen que como es un tema muy abstracto se recomienda que los alumnos realicen una investigación, para posteriormente dar la guía en el aprendizaje y cada uno de ellos reitero que era necesario la utilización de tecnológicas computacionales para la visualización de las superficies era muy necesario.

Entre las tecnologías que los maestros relataron que utilizaban para abordar el tema fueron el programa Derive y el GeoGebra.

La mayor ventaja comentada por los docentes sobre el uso de tecnologías de la información fue el poder visualizar las superficies cuadráticas y tener la opción de ver las perspectivas de las superficies cuadráticas desde distintos ángulos.

Es por ello que se presenta la oportunidad de realizar un videojuego serio apoyado de la tecnología de realidad virtual inmersiva para fomentar la interpretación de la relación que existe entre el modelo matemático y su representación geométrica.

Planteamiento del problema

Debido a los retos que enfrentan los estudiantes de ingeniería para desarrollar habilidades de visualización y manipulación de objetos matemáticos ubicados en el espacio euclidiano tridimensional., y los beneficios que han mostrado la realidad aumentada y los videojuegos serios para la enseñanza de las matemáticas, en esta tesis se explora el diseño y desarrollo de un videojuego serio con realidad aumentada para apoyar el desarrollo de dichas habilidades.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar, desarrollar y evaluar un videojuego serio utilizando realidad virtual inmersiva que promueva el desarrollo de habilidades de visualización y manipulación de objetos matemáticos ubicados en el espacio euclidiano tridimensional.

Objetivos específicos

- Identificar las características de diseño que debe tener un videojuego serio inmersivo para apoyar el desarrollo de habilidades de visualización y manipulación de objetos matemáticos ubicados en el espacio euclidiano tridimensional
- Diseñar e implementar un videojuego serio inmersivo que apoye el desarrollo de habilidades de visualización y manipulación de objetos matemáticos ubicados en el espacio euclidiano tridimensional
- Evaluar el impacto del videojuego

Preguntas de investigación

- ¿Qué aprendizajes de las matemáticas que involucran visualización se puede apoyar a través de videojuegos serios con realidad virtual?
- ¿Qué características debe tener un videojuego serio inmersivo para apoyar el desarrollo de habilidades de visualización y manipulación de objetos matemáticos ubicados en el espacio euclidiano tridimensional?
- ¿Cómo debe integrarse las matemáticas, los videojuegos serios y la realidad aumentada con el fin de facilitar el aprendizaje de las matemáticas?

Hipótesis

El videojuego serio basado en la realidad virtual inmersiva promueve habilidades en la visualización de gráficas de superficies cuadráticas y su relación con su modelo matemático.

Metodología

Para el desarrollo de la superficie interactiva, se utilizó una metodología de diseño centrada en el usuario (Figura 3)



Figura 3 faces de una metodología centrada en el usuario

- Etapa 1. Comprensión inicial del problema. Esta etapa consiste en la revisión de la literatura para conocer el estado del arte del problema que se desea atacar.
- Etapa 2. Estudio contextual. Desarrollado para entender las actividades en el aprendizaje de matemáticas, y los problemas que los estudiantes y sus maestros enfrentan en actividades de enseñanza de superficies cuadráticas.
- Etapa 3. Sesiones de diseño participativo. Con los resultados de la fase anterior, se hicieron sesiones de diseño participativo, donde participaron expertos en área de ciencias básicas del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán Estas sesiones se hicieron iterativamente para depurar el diseño del videojuego.
- Etapa 4. Diseño y evaluación formativa de prototipos de baja fidelidad. En esta fase se realizaron varios prototipos de baja fidelidad (e.g., prototipos en papel, dibujos), que a

través de las sesiones de diseño se fueron mejorando y detallando para diseñar el prototipo final.

- Etapa 5. Implementación del prototipo. En esta fase se implementó el diseño final del videojuego. Este prototipo integra las observaciones y sugerencias que se realizaron durante las sesiones de diseño, y las características que se encontraron en la revisión de la literatura y el estudio contextual.
- Etapa 6. Evaluación del prototipo final. En esta fase se instaló el videojuego en 1 computadora y 9 estudiantes/maestros utilizaron el videojuego. Para evaluar el impacto de la superficie interactiva propuesta se realizó un método evaluación.

Organización de la tesis

El resto del presente documento se organiza de la siguiente manera.

El Capítulo 2 describe los fundamentos teóricos que sustentan el desarrollo del videojuego, tanto desde la teoría que se seleccionó para promover el aprendizaje de los conceptos matemáticos tratados, el fundamento teórico para el desarrollo de videojuegos serios, así como el sustento teórico de los sistemas de realidad virtual inmersiva.

El Capítulo 3 describe el proceso de diseño y de desarrollo del videojuego serio. Se incluyó la descripción de las etapas de diseño realizadas hasta lograr obtener la primera versión del videojuego. Además, describe de todas las problemáticas que surgieron a lo largo del desarrollo y la manera en que fueron resueltas. Finalmente, incorpora la descripción de los sistemas que componen al videojuego y una breve descripción del funcionamiento del videojuego.

El Capítulo 4 describe el proceso para evaluar el videojuego. Se describen los participantes, de los instrumentos que se utilizaron y el análisis de los datos obtenidos por medio de los instrumentos. Finalmente, se describen los resultados que arrojó el estudio.

El Capítulo 5 incluye las conclusiones de la investigación, surgiendo éstas a partir del análisis de los resultados, de los fundamentos teóricos de la investigación, así como de la discusión entre los hallazgos de esta respecto a otras investigaciones. Además, describe el trabajo futuro.

Capítulo 2 Marco Teórico

En este capítulo se muestran los fundamentos teóricos que sustentan esta investigación. Además, describe los trabajos que se han realizado en tecnología para la enseñanza de las matemáticas, los enfocados en realidad virtual, y los juegos serios para enseñanza de matemáticas.

Actualmente, la realidad virtual va incorporándose cada vez más a escenarios educativos, pero aun es escasa la producción científica que existe por tratarse de un campo nuevo. Sin embargo, se han encontrado algunos acercamientos a esta tecnología orientada a la enseñanza, por ejemplo, un trabajo en el que se aborda el desempeño que tiene los egresados de la carrera de ingeniería eléctrica en un mundo competitivo y globalizado y como éste se ve disminuido en comparación con otros países, ya que existen condiciones que inciden en una deficiente preparación de los estudiantes. Entonces, se promueve la creación de un mundo virtual en el cual se puedan analizar sistemas con los que no se cuenta en los laboratorios.

Por otra parte, Ponce et al (2014) proponen una aplicación mediante la realidad aumentada que muestra objetos tridimensionales llamados cuerpos geométricos aumentados para observar el interés que genera utilizar este tipo de tecnologías en la enseñanza en el estudio básico. Sin embargo, dentro de esta investigación no se abordó la manipulación de los objetos y los conceptos

del espacio euclidiano solo se hacía presente la información de los objetos tridimensionales. En el presente trabajo se pretende modificar y manipular la forma física de los objetos tridimensionales y observar las repercusiones que esto conlleva en el modelo matemático correspondiente.

En otra propuesta (Lino, 2016), se crea una aplicación de realidad virtual inmersiva que utiliza la tecnología provista por Leap Motion para manipular objetos tridimensionales y de esta manera probar el impacto que se tiene en estudiantes de cuarto grado de primaria al momento de definir los conceptos de caras, aristas y vértices. Sin embargo, en este proyecto no se buscó considera la comprensión del espacio euclidiano como se pretende en la presente investigación.

La aplicación realidad virtual inmersiva en matemáticas no es común, aún son escasos los trabajos que existen al respecto. Existe una investigación (Rodríguez & Baños, 2011), en la que se propone un plan de estudios con el que se muestran los aprendizajes que evidencian estudiantes dentro de una realidad virtual inmersiva en comparativa con el aprendizaje en un aula común. Para ello, se utiliza un mundo virtual que puede ser utilizado de forma libre conocido como SeconLife para realizar secciones de clases dentro de él. Se observó mejoras en el aprendizaje de los estudiantes en comparación con los estudiantes que asistieron a clases presenciales (sin acceso a SeconLife). En la presente investigación se pretende documentar el alcance que se puede lograr para la comprensión de los conceptos de espacios euclidianos bidimensionales y tridimensionales por medio de la interacción con un mundo virtual en el que los estudiantes realizan diversas actividades dentro de ese mundo virtual.

Por otra parte se estudió el caso de los efectos secundarios que se pueden presentar con la utilización de realidad virtual inmersiva, dentro del cual se llegaron a varias conclusiones (Cuevas, B. & Valero L., 2013) después de realizar varias pruebas con distintos grupos se llegó a la

conclusión de que el uso excesivo de esta tecnología crea efectos secundarios fuertes como mareos, dolor de cabeza pérdida del equilibrio y vista cansada, pero a su vez se llegó a la conclusión de que con una rutina no tan extenuante de días continuos utilizando la tecnología se logra una tolerancia a esos efectos secundarios y hace que sea más fácil el utilizarla.

Registros de representación semióticos

Desde la antigua Grecia la palabra semion que se traduce como “signo” que era utilizado por los griegos para definir los síntomas de un fenómeno natural, en su sentido de causa y efecto, como por ejemplo el semion de lluvia es causa de que hay nubes, por lo tanto, si está lloviendo es porque está nublado (Hernández, Cervantes, Ordoñez & García, 2017).

En un comienzo, Platón hace referencia a la existencia del signo ya que creó un signo lingüístico que llamo ónoma. Para él los ónomas son los conceptos con los que solo podemos convivir de forma aproximada y que son imperfectos y por lo tanto no representan el concepto (signo) real, debido a que él creía que los objetos perfectos existían en un lugar más allá de la bóveda celeste que él llamaba Hiperutanio. Las matemáticas se encuentran en dicho lugar como “unidad”, “circulo”, etc., de tal manera que los matemáticos implementan “nombres”, que representan objetos o conceptos con los cuales nunca se ha tenido interacción (Hernández, Cervantes, Ordoñez & García, 2017).

Por lo anterior, se concluye que la semiótica se refiere a la ciencia que estudia los signos o los diferentes sistemas de signos en que podemos describir a un concepto, en este caso la representación algebraica que correspondiente al modelo matemático y representación geométrica correspondiente a la forma tridimensional que corresponde a una superficie cuadrática.

Duval hace referencia a la Semiosis como la actividad encargada de la producción de representaciones, la cual depende de los signos utilizados en el sistema que se desea representar y la Noesis que es la actividad que desarrolla el sujeto para obtener los conceptos y va acompañado de los métodos de aprendizaje y actividades que realiza (Hernández, Cervantes, Ordoñez & García, 2017).

Según Duval, los sistemas semióticos deben permitir tres actividades cognitivas las cuales son:

- Poder encontrar las características de un objeto o concepto y de esta forma poder representarlo dentro de un sistema semiótico en concreto.
- Poder utilizar la representación del concepto u objeto y poderle aplicar las reglas, funciones y leyes propias del sistema de representación semiótica, llevando a un aprendizaje más completo y profundo que solo la representación dentro del sistema.
- Poder utilizar la representación del concepto dentro del sistema y poder trasladarlo a una representación a otra correspondiente en otro sistema semiótico diferente.

Cuando Duval (1999) menciona los registros de representación semiótica, se refiere a que existen distintos sistemas semióticos, dentro de los cuales puede estar representado el mismo concepto, pero caracterizado de manera distinta en cada sistema y pudiendo ser tratado y estudiado desde distintos enfoques propios de cada sistema semiótico (Hernández, Cervantes, Ordoñez & García, 2017).

Para Duval (2006), un individuo puede aprender un concepto matemático dentro de los siguientes sistemas semióticos como son: el verbal, el tabular, el gráfico, el algebraico, el simbólico y el figural.

De acuerdo con Duval (1999), se dice que un individuo ha adquirido un concepto matemático, cuando este sea capaz de transitar en por lo menos dos registros de representación. Plantea que en cualquier actividad matemática existen dos tipos de transformaciones las cuales son:

Conversión: Procedimiento a partir del cual se genera la representación del concepto dentro del sistema semiótico, que generalmente es una representación explícita del concepto solo que en un registro distinto.

Tratamiento: Se refiere a las posibles representaciones de los conceptos después de haber sido manipuladas por las reglas, funciones o leyes que existen dentro del sistema semiótico y permiten una representación distinta, generalmente más ordenada y compacta y que permiten una manipulación a menudo más cómoda dentro del sistema semiótico, en este punto se puede perder la congruencia explícita entre un concepto dentro de un sistema y otro sistema.

Tomando en cuenta las condiciones que Duval plantea para que el aprendizaje de un concepto matemático sea adquirido por un estudiante, fue necesario implementar al menos dos representaciones distintas del mismo concepto dentro del videojuego serio y generar la relación entre ambos en tiempo real, para que de esta manera el usuario pueda comprender la relación que existe entre el modelo matemático y su gráfica. Para ello fue necesario que dentro del videojuego serio tanto el modelo matemático como la gráfica, puedan ser modificados por el usuario y de esta manera se perciban los cambios que repercuten ya sea modificando el modelo matemático y observando los cambios en su gráfica o ya sea modificando su gráfica y observando los cambios en el modelo matemático. Una vez que el usuario interactúa con la teoría de los conceptos, continúa con su autoevaluación por medio del videojuego, en donde se da cuenta de los logros del usuario mediante un sistema de puntuación que le muestra sus aciertos.

En la propuesta que se implementó, se realizó un sistema que refleja en tiempo real la relación que existe entre el modelo matemático (ecuación que define la superficie cuadrática) y su modelo gráfico (modelo tridimensional que representa la superficie cuadrática), esto se implementó haciendo modificaciones a los parámetros del modelo matemático y que estos se vean reflejados en la gráfica correspondiente en el espacio euclidiano tridimensional.

Para que el usuario identifique la relación que existen entre estos dos registros semióticos, fue necesario implementar la representación del cambio de registro en viceversa, lo que significa que cuando la gráfica tridimensional es modificada, sus cambios son reflejados en el modelo matemático, de esta forma se espera que el usuario pueda interpretar de una manera más eficiente dicha relación, a diferencia de como se explica en un aula con un maestro de manera convencional, lo que significa que el maestro explica esta relación con un objeto abstracto e intenta mostrar en el pizarrón el modelo matemático y su gráfica en tercera dimensión por medio de trazas sin la posibilidad de observar desde distintos ángulos la gráfica o sus variaciones al modificar el modelo matemático. Además, no existe forma alguna de que el docente sea capaz de representar con una fidelidad que supere lo aceptable la gráfica de la superficie cuadrática, lo cual si se puede lograr con la implementación de la realidad virtual.

Realidad Virtual

Actualmente no existen un acuerdo en cuanto a la definición de la realidad virtual pero después de analizar distintas definiciones propuestas se definió a la Realidad virtual como a la simulación inmerso sensorial del mundo o de mundos fantásticos, en donde se pueden ver, oír, usar y modificar objetos. (De Antonio, Villalobos & Luna, 2000).

La realidad Virtual Inmersiva

El concepto de Realidad Virtual inmersiva es un término que se emplea para hacer alusión a hacer creer al usuario que se encuentra dentro del mundo generado por la computadora y no solamente como un espectador.

Se ha demostrado en numerosos estudios que la tecnología de realidad virtual es una poderosa herramienta para la enseñanza, fundamentalmente por su capacidad de promover entornos inmersivos, multisensoriales y creíbles (De Antonio, Villalobos & Luna, 2000).

Sin embargo, la mayoría de los sistemas o aplicaciones que se encuentran actualmente en desarrollo dentro de universidades no cuentan con el asesoramiento de un educador o instructor en el uso de la tecnología educacional, entonces se hace necesario conocer ¿Qué es la realidad virtual? y ¿Cuándo y dónde se puede aplicar? (De Antonio, Villalobos & Luna, 2000).

Sistema de realidad virtual

En general un sistema de realidad virtual está constituido por varios subsistemas que en conjunto con el software y el hardware, le permiten al usuario poder interactuar con el espacio virtual y generan en el usuario la “ilusión” de inmersión, dependiendo de distintas configuraciones que se pueden utilizar para generar el sistema se pueden clasificar en distintos niveles de inmersión que van desde los menos inmersivos que son llamados sistemas de “realidad virtual de escritorio” que básicamente se trata de los sistemas que tiene como interfaz de comunicación con el usuario un monitor, un mouse y un teclado, hasta los más avanzados que son llamados sistemas de “Realidad Virtual Inmersivos” que son aquellos que involucran interfaces más avanzadas como cascos, guantes, sensores de detección de movimiento, sensores de posicionamiento, cabe resaltar que la inmersión está dada en medida de que tan difícil le es al usuario percibir que no se encuentra dentro del mundo virtual (De Antonio, Villalobos & Luna, 2000).

La inmersión

El concepto de inmersión se vio reflejado desde la creación de los primeros sistemas de realidad virtual los cuales fueron simuladores de vuelos creados para adiestrar a los pilotos con entrenamientos de vuelos, para lo cual los simuladores debían de cumplir con cuatro características importantes, la primera fue la de generar un amplio campo visual que les permitiera utilizar la visión periférica, segundo detectar la posición y actitud del cuerpo del usuario, el tercero fue que el sistema permitieran monitorear el comportamiento natural del participante y cuarto evitar un retardo significativo a la velocidad en que se actualiza el mundo virtual en respuesta a las acciones del usuario, estas cuatro condiciones son necesarias para lograr la “Realidad Virtual Inmersiva” logrando en el usuario una sensación de encontrarse dentro del mundo virtual llamada como “presencia cognitiva”.

La desaparición de la interfaz humano-computadora es necesaria para lograr la inmersión completa dentro del mundo virtual. (De Antonio, Villalobos & Luna, 2000). Con el uso de la inmersión se generan dos situaciones que le son útiles a la educación, la primera es que el usuario pierde de vista el límite entre él y la información de la computadora y como segunda situación es la interacción no simbólica con el mundo virtual.

Es necesario aclarar que el conocimiento que un individuo adquiere del mundo, se obtiene de dos maneras distintas, la primera es con las interacciones diarias que tiene con el mundo y se le conoce como conocimiento directo y a menudo no se percata de que se ha aprendido, la segunda forma en que se puede aprender es descrito por alguien más, este conocimiento es indirecto y siempre se puede percibir ya que este conocimiento es enseñado, el primer tipo de adquisición de conocimiento se le denominara como en “primera persona ” y al segundo como en “tercera persona” (De Antonio, Villalobos & Luna, 2000).

La adquisición del conocimiento de forma natural se hace referencia a las experiencias en primera persona y surgen como ya se dijo, a partir de la interacción directa con el mundo que en este caso lo representa la realidad virtual.

Un sistema común utilizado en la computadora sin más interfaces que el teclado, la pantalla y el ratón, no permite sobrepasar la barrera de la adquisición del conocimiento en tercera persona, generando una gran brecha entre el usuario y el conocimiento dentro de la computadora. La inmersión se encargar de menor a mayor medida de superar esta barrera para poder entregar una adquisición del conocimiento más natural. Cabe recalcar que el conocimiento adquirido comúnmente en las escuelas es en tercera persona. (De Antonio, Villalobos & Luna, 2000).

Gamificación

En la investigación se toma como punto de partida la manipulación de objetos virtuales como mediadores para promover la apropiación de conceptos involucrados con el espacio tridimensional y la geometría que éste implique, ya que a través tales objetos los estudiantes podrán comprobar y entender algunos conceptos básicos dentro del tema de superficies cuadráticas, para ello se generara un videojuego serio y se hará uso de la gamificación.

Se hace necesario el definir el termino gamificación, concepto que a lo largo de los años los expertos aún no se han puesto de acuerdo en una definición así que se mostrarán algunas definiciones de distintos autores y al final se creara una definición propia de esta tesis. Una de las definiciones dice (Kevin y Hunter, 2012, p. 26) “la gamificación es el uso de elementos y de diseños de los juegos en contextos que no son lúdicos”. En otra distinta (Kapp, 2012, p. 10) se describe como “La gamificación es la utilización de mecánicas basadas en juegos, estética y pensamiento lúdicos para fidelizar a las personas, motivar acciones, promover el aprendizaje y resolver problemas”

En la presente investigación se entiende que la Gamificación es una práctica la cual se centra en utilizar las distintas técnicas y características de los juegos como reglas, recompensas, restricciones, etc. en actividades no lúdicas y las cuales buscan generar, en los distintos tipos de jugadores, reacciones psicológicas que promueven la concentración e interés por la tarea que realizan, de esta forma, desarrollar aprendizajes y profundizar en éstos.

Pero ahora surge una pregunta ¿Qué es un juego?

Para definir qué significa juego se consultó la versión online del diccionario de la Real Academia Española (2014), en donde define “juego” es su segunda aceptación como:

“Ejercicio recreativo o de competición sometido a reglas, y en el cual se gana o se pierde. Juego de naipes, de ajedrez, de billar, de pelota.”

Como ya se especificó se plantea realizar un videojuego, que no es otra cosa más que la implementación de las mecánicas, reglas y objetivos de un juego y estas ser ambientadas dentro de un mundo virtual en una computadora.

Según McGonigal (2011) existen cuatro características que todos los videojuegos siempre deben de contener y es se describen a continuación:

Las características principales de un videojuego según (McGonigal, 2011, p 22) son:

- Objetivo
- Reglas
- Retroalimentación (feedback)
- Participación Voluntaria

Objetivo

Es la meta específica que los jugadores pretenden lograr, enfocar su atención y continuamente orienta su participación a lo largo del juego. El objetivo provee a los jugadores con una sensación de propósito. El cual dentro del videojuego fue orientado en invitar al jugador a lograr terminar la evaluación completa del videojuego o en su defecto el alcanzar un mayor puntaje que otros jugadores.

Reglas

Las reglas imponen limitaciones sobre cómo los jugadores pueden lograr el objetivo al eliminar o limitar los espacios de posibilidad obviamente desconocidos, liberan la creatividad y fomentan el pensamiento estratégico. En el videojuego, el jugador solo puede obtener puntos al lograr que la superficie cuadrática se iguale a la que se le está pidiendo en la pregunta actual, en caso contrario pierde una de las tres vidas que representan sus posibilidades de fallar en la respuesta. Además, se cuenta con un tiempo limitado para responder la pregunta una vez que se termina el tiempo se evalúa la respuesta del usuario.

Cuando los problemas son de orientación de la superficie cuadrática sobre alguno de los ejes el usuario tiene que seleccionar el modelo matemático que corresponde a la superficie que se le presenta en la pregunta actual.

Retroalimentación

El sistema de retroalimentación indica a los jugadores qué tan cerca o lejos se encuentran de lograr la meta, se puede representar de diferentes formas como puntos, niveles, puntuaciones o barra de progreso o en su forma más simple como el resultado de una meta alcanzada “el juego acaba cuando...”.

Al finalizar el videojuego, se muestra una ventana que informa al usuario cuál fue su nivel de desempeño en la partida, indicando por medio de una escala de tres estrellas en donde una estrella indica bajo rendimiento, dos estrellas indican rendimiento intermedio y 3 estrellas indican rendimiento aceptable. Además, se proporciona una tabla que contiene las puntuaciones de los demás jugadores que han utilizado el videojuego, lo cual busca promover en el usuario la superación al compararse con los demás.

Participación Voluntaria

Indica que todos los jugadores aceptan participar conociendo el objetivo, las reglas y la retroalimentación, esto promueve que la experiencia sea segura y agradable. (p. 22). Es necesario que se cumplan estas cuatro características, ya que la integración de las cuatro promueve cambio de comportamientos y fomentar el aprendizaje del tema que se pretende abordar. Se considera que los buenos sistemas gamificados están basados en ciertos conceptos de psicología y por lo cual es necesario detallar los conceptos más importantes y o utilizados dentro de la gamificación.

La motivación

Uno de los conceptos que es esencial es la “motivación” y se distinguirá en dos, motivación intrínseca y extrínseca. La motivación intrínseca se entiende como aquella que surge directamente desde el propio indicio y se ve generada por la necesidad propia de superación. La motivación extrínseca que es aquella que surge cuando factores externos promueven en el individuo un estado de superación al verse comparado con otros individuos que realizan la misma actividad.

Como lo refiere Teixes (2015), la gamificación se fundamenta en la capacidad que sus sistemas tienen para estimular la motivación de los usuarios/jugadores a que desarrollen unas conductas o actividades concretas. El impacto de la motivación en la productividad es evidente,

La motivación es el factor individual más importante en el aprendizaje y los cambios de comportamiento.

En el videojuego propuesto en esta tesis, se promueve la motivación de los usuarios al mostrarles un reto al que debían superar, el cual consistía en competir en contra del tiempo y en contra de otros jugadores que ya tenían registrado un puntaje, de esta forma se tomaron en cuenta los dos enfoques de la motivación, la intrínseca al superarse así mismo en contra del tiempo y la extrínseca al exponerse el nivel en el que se encuentra el jugador en comparación con los otros jugadores, motivándolo a superar puntuaciones de los otros jugadores.

En un primer enfoque del diseño de los sistemas gamificados, se considera la motivación a partir de la síntesis de los planteamientos de dos enfoques complementarios: la teoría de la Autodeterminación (self-Determination Theory-SDT) de (Ryan & Deci, 2000)

Una de las formas en las que se puede mantener la motivación de los usuarios, es diseñando retos que no sean tan complejos y como consecuencia desmotiven al usuario a continuar adelante, pero sin dejar que el reto sea tan fácil que provoque desinterés. Dentro del videojuego propuesto, las actividades fueron diseñadas de tal forma que no fueran complicadas para el usuario, pero con un toque de dificultad o reto, como ya se expresó anteriormente. A partir de jugar en contra del tiempo para que el interés no se vea disminuido, sino que sea interpretado como un reto además de compararse con el desempeño de otros jugadores.

El Flujo

El psicólogo positivo Mihály Csikszentmihalyi desarrolló la teoría conocida como el flujo (flow), la cual define al flujo como el estado en el cual una persona se encuentra absorta en una actividad que para ella es placentera y para que esto se logre es necesario el mantener un equilibrio

entre el reto y la habilidad, ya que si el reto es muy alto y la habilidad es muy baja y se generara frustración. Y, por el contrario, si el reto es muy bajo y la habilidad es alta se genera aburrimiento, propiciando así ambas situaciones el abandono de la tarea que se realiza.

Por lo que se trató de mantener el nivel de los retos a realizar dentro del juego en un nivel de dificultad que no se vea incrementado bruscamente y propicie el abandono de los usuarios.

Videojuegos Serios

Cuando se habla de videojuego, comúnmente se refiere a un programa que se utiliza para perder el tiempo o mantenerse entretenido en los momentos de ocio, mientras que la palabra serios nos representa todo lo contrario, responsabilidad centrarse o poner toda la atención a las acciones que estamos realizando y por lo tanto pareciera que la combinación de estas dos palabras no tiene sentido.

Sin embargo, este nombre se le dio a los videojuego o simulaciones que buscan como objetivo el entrenar o transmitir conocimiento a los usuarios o quizá solo informar.

Las características principales que definen a los videojuegos serios son (Marcano,2008):

- Su objetivo es la educación, el entrenamiento de habilidades, la comprensión de procesos complejos, que pueden ser sociales, políticos, económicos o religiosos o quizá para publicitar productos o servicios
- Están vinculados con el fenómeno que se pretende representar, para favorecer al usuario su integración con el ambiente virtual
- Constituyen un ambiente virtual que resulta plausible para la interacción con conceptos abstractos, en este caso matemáticos (superficies cuadráticas)

- Existen intereses en su contenido (políticos, educacional, psicológicos, etc.)

Una de las partes esenciales que proveen los videojuegos serios es el mecanismo de feedback, que se refiere cuando el usuario el videojuego o el nivel una y otra vez, hasta lograr obtener los conocimientos objetivos. Uno de los aspectos que caracteriza a este tipo de videojuegos es las de la acción voluntaria por parte de los usuarios, ya que la mayoría de ellos es parte de una actividad para cumplir un entrenamiento.

En el videojuego se realizó la creación de un módulo llamado tutorial, en el cual se puede realizar varias practicas referentes a los conceptos de superficies cuadrática, lo cual incluye una vista tridimensional de la superficie cuadrática, la representación de su modelo matemático y sus trazan en los distintos planos, dentro de los cuales se puede apreciar las distintas.

A pesar de los avances y beneficios demostrados por la tecnología de la realidad virtual y de los videojuegos serios que pueden integrar la realdad virtual inmersiva para facilitar el aprendizaje de conceptos matemáticos, no existe aún un videojuego serio con estas características. Debido a lo anterior, en este trabajo se pretende explorar el desarrollo de un videojuego con dichas características.

Capítulo 3 Diseño y desarrollo de “Identidad Cuadrática”

En este capítulo se describe el proceso de diseño e implementación de “Identidad Cuadrática”, un videojuego serio de realidad virtual enfocado a fomentar el aprendizaje de conceptos básicos del tema superficies cuadráticas, por medio de la transición entre dos distintos registros de representación de las mismas, Primero se muestran los resultados de un estudio contextual que se realizó para entender los problemas que se generan en el aprendizaje de superficies cuadráticas Posteriormente se muestran los resultados, obteniendo un conjunto de

consideraciones para realizar el diseño del prototipo. Y finalmente, se describe el prototipo y los detalles técnicos de su implementación.

Proceso del diseño del videojuego

Metodología del diseño

Diseño centrado en el usuario

El diseño centrado en el usuario es una metodología de desarrollo que toma como centro del proceso al usuario, y para lograr esto el usuario debe de ser parte de cada una de las fases del diseño.

Uno de los aspectos más importantes al momento de utilizar la metodología del diseño centrado en el usuario, es el de conocer los usuarios hacia los cuales está enfocado el sistema ya que como su nombre lo dice se basa en el usuario, para ello como fase primordial se realiza una investigación y análisis de los usuarios.

Algo que se debe dejar en claro es que el usuario no es ni el encargado, ni el programador, o algún cliente que lo haya pedido, sino las personas que interactuarán con el sistema quienes serán los usuarios finales.

Dentro del proyecto el diseño y desarrollo del videojuego se centró en evaluaciones continuas del sistema las cuales fueron realizadas por los usuarios, enfocadas en la usabilidad del sistema y en su opinión acerca de las mecánicas del videojuego, la comodidad al utilizarlo y las propuestas para mejorarlo.

Estudio Contextual

El Tecnológico Nacional de México está constituido por 266 instituciones, de las cuales 126 son Institutos Tecnológicos federales, 134 Institutos Tecnológicos Descentralizados, cuatro

Centros Regionales de Optimización y Desarrollo de Equipo (CRODE), un Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica (CIIDET) y un Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET).

El Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán, nace el 13 de septiembre de 1972. A la fecha, cuenta con una población de más de 3500 estudiantes inscritos en las 9 carreras de ingeniería, contaduría y arquitectura. Los cursos de matemáticas se ofertan en los cuatro primeros semestres de cada carrera y específicamente, los planes de estudio de esos cursos en las ingenierías, están dilo que significa que el curso de cálculo vectorial se oferta a toda la población de estudiantes de ingeniería y no solo se incluye en las retículas las carreras de ingeniería del Instituto Tecnológico de Cd Guzmán, sino de todos los tecnológicos que integran el Tecnológico Nacional de México, por lo que la propuesta tendrá un impacto sustancial en el sistema tecnológicos.

La población estará integrada por estudiantes de la carrera de ingeniería en sistemas computacionales y estudiantes de la ingeniería en electronica del instituto tecnológico de Cd. Guzmán. Este curso se ubica en el tercer semestre, en el que los estudiantes han acreditado los cursos de cálculo diferencial y cálculo integral que le preceden a cálculo vectorial y éste a su vez es prerequisite del curso de ecuaciones diferenciales. Se seleccionaron tres estudiantes de tercer semestre que cursan la materia de cálculo vectorial, pero que no habrían abordado el tema de superficies cuadráticas en el aula.

Sesiones de diseño

Se realizaron 5 sesiones de diseño participativas, para diseñar prototipos del videojuego y del entorno virtual inmersivo. El equipo de diseño multidisciplinario incluyo dos estudiantes del instituto tecnológico de Ciudad Guzmán, un diseñador, maestros de matemáticas, un experto en

videojuegos. Estos expertos se reunieron en subgrupos durante varias sesiones de diseño descritas a continuación.

Primera Sesión de diseño

Dentro de esta primera sesión de diseño se realizó con los expertos en el área, con la finalidad que propusieran sus ideas concretas sobre el videojuego, ya que ellos son quienes se enfrentaban con la problemática de primera mano, dentro de esta reunión se llegó a la idea básica de cuáles serían los conceptos básicos que debería de incluir el sistema entonces se decidió que para el desarrollo de la propuesta, era necesario entender y fundamentar cómo se desarrolla el pensamiento matemático de un individuo. Para esto, se consideró la teoría de representaciones semióticas de Duval (2006,) en donde se hace necesario incorporar dos registros de representaciones semióticas del concepto matemático abordado, y estos fueron el registro algebraico (modelo matemático) y su gráfica en el espacio euclidiano tridimensional (registro geométrico), como se muestra en la figura 4.

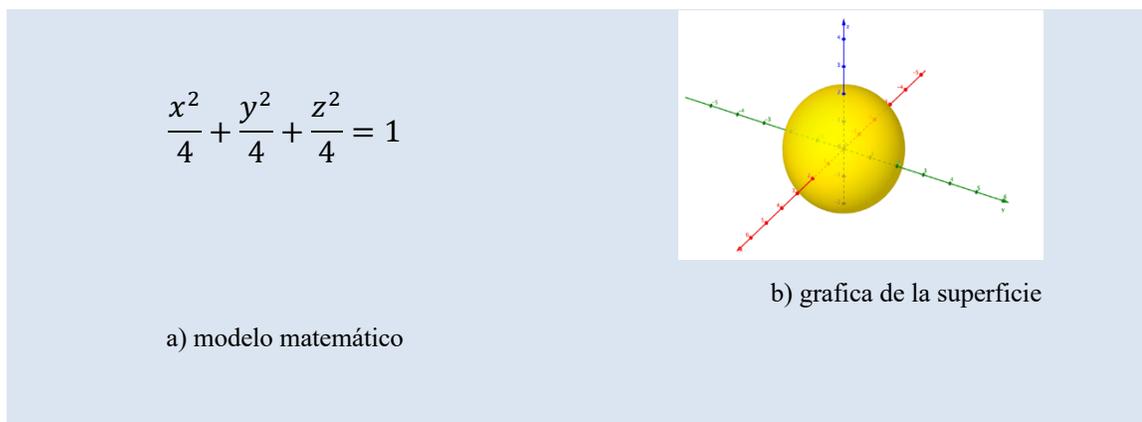


Figura 4 Dos representaciones de superficies cuadráticas

El objetivo fue promover con la propuesta que el usuario reconozca la relación entre el modelo matemático y su gráfica en \mathbb{R}^3 , para lo cual se debió de realizar un sistema que se encargara de llevar en tiempo real el control sobre el modelo matemático y la gráfica en 3D.

Se decidió que la aplicación se dividiera en dos módulos principales, el tutorial y el videojuego.

El tutorial, debería ser un módulo dentro del cual el usuario puede realizar una serie de actividades que lo acercan a la parte teórica de los conceptos matemáticos abordados, mientras que, en el módulo de videojuego, se pondrían a prueba los conocimientos adquiridos en el módulo de tutorial. Cuando un jugador termina su partida en el módulo videojuego, a modo de retroalimentación, aparecería una barra de calificación, para que el usuario pudiera observar cuál es el nivel de conocimiento actual y una tabla que mostraría en qué lugar se encuentra ubicado en comparación con otros jugadores. Además, la interacción con la aplicación se debía desarrollar de una forma más inmersiva que solo utilizar el ratón y el teclado, esto con la intención de observar si la inmersión a la realidad virtual favorece la experiencia del usuario.

Primera sesión de evaluación

Para la primera evaluación se realizó un proyecto de primer acercamiento a la integración del sensor Kinect con el motor de videojuegos Unity, lo cual se logró al descargar un paquete desde la tienda virtual del motor llamada UnityAssetStore y que sirvió como ejemplo para entender y visualizar el funcionamiento básico del videojuego en el cual se evaluó el primer prototipo de un componente del videojuego el cual se puede visualizar en la figura 5

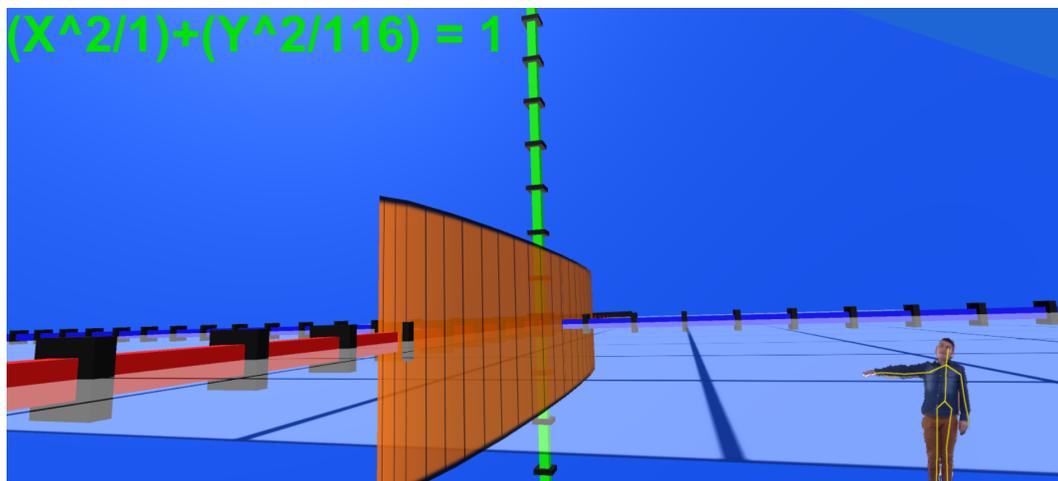


Figura 5 primer prototipo del sistema

De este primer prototipo se pudo concluir que con esta idea básica sería con la cual se continuaría el desarrollo del videojuego.

Segunda sesión de diseño

Una vez que se ideó una estructura del funcionamiento e implementación de un primer prototipo, se optó por realizar una estancia dentro de un centro de investigación, cuya línea de investigación es el desarrollo de videojuegos serios.

El CICESE-UT3 es una unidad de transferencia tecnológica ubicada en Tepic, Nayarit creada por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) para ofrecer soluciones especializadas a los problemas del país, y especialmente a las necesidades de Nayarit. Con el propósito de "ampliar y mejorar la vinculación con los sectores público, privado y social a los niveles regional, nacional e internacional"(Obtenido desde la página oficial <http://idi.cicese.mx/>).

Ya que esta unidad académica cuenta con una línea de investigación basada en los videojuegos serios, se optó por realizar una estancia en el centro de investigación CICESE-UT3 y

el cual cuenta con una vasta experiencia en la generación Videojuegos Serios. Una estancia con una duración aproximada de mes y medio.

Como resultado final de la estancia científica en el centro de investigación CICESE-UT3, se obtuvo un producto funcional basado en una breve descripción del funcionamiento dada por los expertos basada en la teoría que sería necesaria implementar, obteniendo como resultado un simulador que respeta la teoría y muestra la interfaz desarrollada en el centro de investigación implementada ya en el proyecto, a continuación, una imagen del proyecto en funcionamiento en la figura 6.

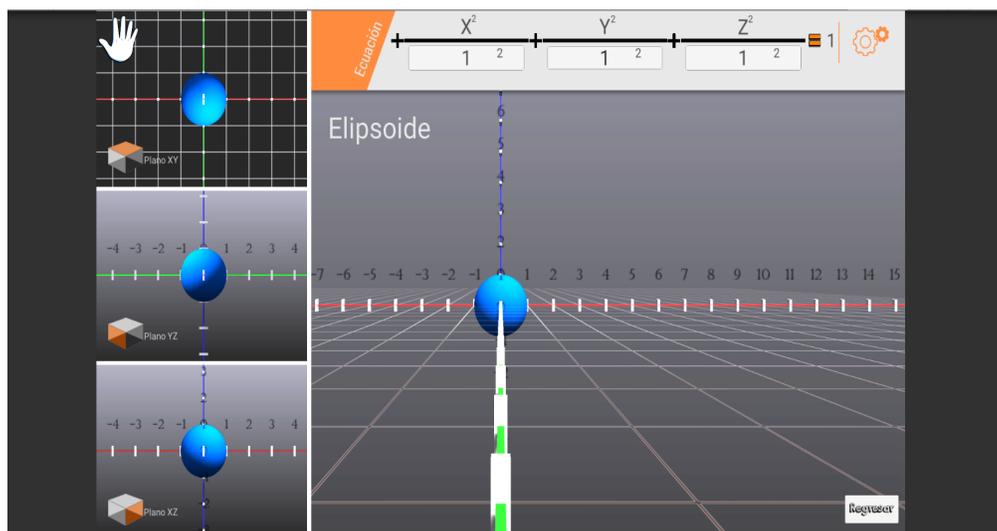


Figura 6 Interfaz del segundo prototipo con la interfaz gráfica integrada

Segunda sesión de evaluación

Dentro de esta evaluación se observó que en la teoría, una superficie cuadrática define su crecimiento a partir del signo de los componentes en su modelo matemático, se definió que solo se simularía los cambios positivos, para lo cual se realizó una readaptación en las mecánicas del simulador para que funcionara de manera correcta, el mayor reto que se encontró fue el realizar el cambio de la ecuación a partir del eje en donde se encontraba la superficie cuadrática, ya que dentro del motor de videojuegos la rotación se generaba a través de los ángulos de Euler algo que

represento un problema al momento de controlar el estado de rotación en el cual se encuentra la rotación ya que el utilizar este tipo de herramienta matemática provoca un bloqueo del cardán el cual hace referencia a la pérdida de un grado de libertad que ocurre cuando las rotaciones se generan a partir de un eje global y dos ejes locales, lo cual provoca que no se puedan generar rotaciones en un eje en concreto dependiendo de la configuración que se esté utilizando, para poder resolver esta problemática, que como objetivo principal se requería de saber el cual de los ejes estaba orientado la superficie cuadrática.

Para resolver esta problemática se optó por la creación de distintos modelos tridimensionales a los cuales se le cambiaba la orientación dentro de su programa de modelado para que al momento de exportarlos a el proyecto ya se encuentren orientados en las posiciones que se necesitaban, y para que dentro del sistema solo se cambiara el modelo orientado sobre el eje que se requería rotar u orientar.

Por lo tanto, dentro del proyecto se cuentan con tres distintos modelos de los cuales sus orientaciones están cambiadas, ya que uno corresponde a cuando la superficie cuadrática se encuentra orientada sobre z, otro para x y finalmente uno para el eje de y, con esta solución se logra realizar el comportamiento que era necesario representar y es como lo esperaban los expertos.

Tercera sesión de diseño

Se Implementaron los cambios sugeridos por los expertos reprogramando el control de los objetos del juego que representaban a las superficies cuadráticas con un sistema encargado de la administración de ellos y la constante evaluación de los estados en los que se encontraban, tomando como punto de referencia el estado de la propiedad “Transform” que es el componente que ambienta en el mundo tridimensional a los objetos de juego.

Tercera sesión de evaluación

De nuevo se realizó una evaluación del sistema en donde se observó que era necesario un cambio en la manipulación de las superficies cuadráticas para que le permitieran al usuario poder visualizar desde los distintos ángulos a la superficie cuadrática ya que fue sugerido por los usuarios, en cuanto a la parte teórica se identificaron algunas incongruencias en cuanto a la orientación de los modelos tridimensionales de las superficies cuadráticas.

Cuarta sesión de diseño

Se realizaron los cambios en los modelos tridimensionales de las superficies cuadráticas, para que coincidieran con lo que marca la teoría, se implementaron las funciones especificadas por los usuarios como fueron las rotaciones de la cámara sobre los distintos vértices, permitiéndole de esta forma al usuario una visualización completa de todos los ángulos de perspectiva al usuario, además de que se implementó el manejo del Zoom otra de las modificaciones comentada.

Cuarta sesión de evaluación

Dentro de esta evaluación se concluyó que el módulo “Tutorial” cumplía con las especificaciones mínimas aceptables por los usuarios, además de que por la parte del contenido de la teoría toda la contenida dentro del videojuego correspondía fidedignamente con la teoría de las superficies cuadráticas.

Quinta sesión de diseño

Después de lograr la funcionalidad completa del módulo tutorial que corresponde al simulador, se procedió con la idea para el desarrollo del módulo videojuego el cual funcionaria a modo de evaluación de conocimientos, para eso se definió la siguiente idea básica, se trata de un juego de preguntas y respuestas en el cual se juega en contra del tiempo, así pues se decidió que

aparecerían distintas superficies cuadráticas específicas, diseñadas por los expertos y que los usuarios deberían de igualar en el tiempo de cada ronda, un tiempo que delimitaba cada respuesta de pregunta, para los paraboloides se generaron las modificaciones de los parámetros de la ecuación los cuales generan distintas elipsoides, mientras tanto que en las demás superficies cuadráticas, sean hiperboloides, conos, paraboloides se enfocó a que el usuario fuera capaz de relacionar la rotación o el eje sobre el cual crece la gráfica con su modelo matemático correspondiente.

Esto fue propuesto por los expertos, ya que era una parte importante del aprendizaje que se debía de abordar. Cabe resaltar que cada una de las preguntas deben de ser aleatorias y no repetirse y una vez que el usuario agotara el total de las preguntas, su puntuación tiene que ser guardada para retroalimentación del estado y mostrar en el que se encuentra su logros alcanzados, esto mediante una barra de calificación de partida que consiste en tres estrellas, las cuales se rellenan dependiendo del desempeño del jugador durante la partida y como parte del concepto de competitividad, se le muestra su lugar actual en comparación con jugadores anteriores.

El diseño del contenido de las preguntas fue proporcionado por los expertos en el área enfocando en que el usuario aprendiera las metas objetivo, la relación que existen entre las dos representaciones de las superficies cuadrática entre el modelo matemático y su grafica tridimensional para que de esta forma a través de la transición entre ambos registros de representación se logre la adquisición del conocimiento como lo afirma Duval (1999)

Quinta sesión de evaluación

Dentro de la tercera evaluación del sistema en donde se observó que todas las funciones del módulo “Videojuego” funcionaran correctamente en el cual se observó que todo funcionaba de acuerdo a lo especificado por los expertos y en función de las aportaciones por parte de los

usuario, se consideró que solo se requería de una observación, la cual fue hacer coincidir las superficies cuadráticas que correspondían a las preguntas sobre la rotación de las gráficas para que correspondieran correctamente con los modelos matemáticos que aparecen como respuesta, además de la corrección de algunas trazas en los ejes que de igual forma no coincidían con las correctas.

Diseño final del videojuego “Identidad Cuadrática”

El diseño final obtenido del videojuego se puede resumir en la creación de cuatro módulos principales, los dos ya descritos anteriormente que son tutorial y videojuego más la agregación de dos nuevos los cuales se describen a continuación, como son:

- El menú principal: Es la interfaz que recibe al usuario y la cual permite el acceso hacia los dos módulos que componen el videojuego, los cuales son “Tutorial” y “Videojuego”
- Tutorial: Este módulo consiste en un simulador en donde se pueden realizar una serie de actividades propuestas por los expertos y en el cual se puede practicar para aprender los conceptos contenidos de superficies cuadráticas.
- Videojuego: En este módulo se encuentra la parte de evaluación ya que consiste en una serie de preguntas que el usuario debe de responder, sirve como la parte evaluativa del módulo “Tutorial” que comprendería la parte práctica del videojuego.
- Evaluación: En este apartado es un módulo extra encargado de recuperar el estado logrado dentro del videojuego y notificarle al usuario el nivel en el que se encuentra y su nivel en comparación con el de otros jugadores.

Descripción general

El videojuego consistió en una aplicación que contiene los dos módulos antes descritos y se encuentra estructurada a partir de escenas las cuales están centradas en tareas específicas. La primera, que se define como pantalla principal para los usuarios, como se puede observar en la figura 7.

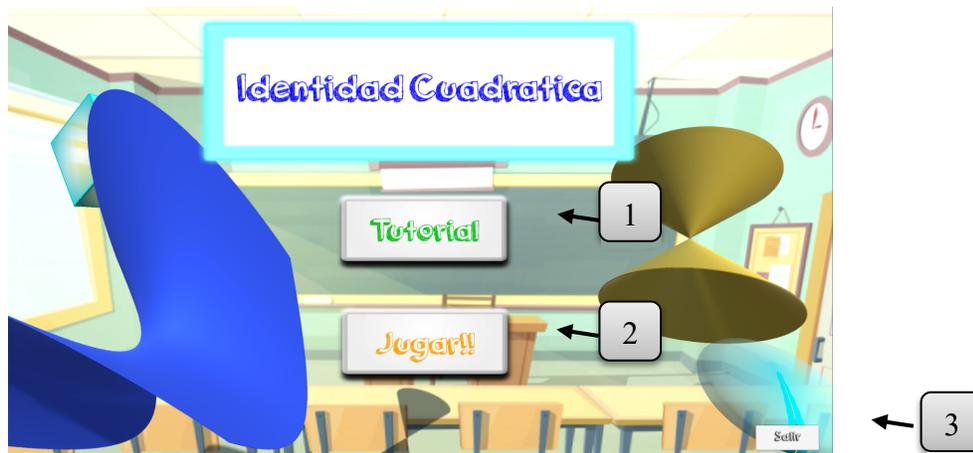


Figura 7 Pantalla principal del videojuego Identidad Cuadrática

Los números indicados en la figura corresponden a las siguientes acciones:

- 1.- Botón que accede a la escena tutorial (módulo tutorial).
- 2.- Botón que enlaza con la escena videojuego (módulo de videojuego).
- 3.- Botón que permite cerrar la aplicación.

Después de la serie de evaluaciones al módulo tutorial realizadas por los usuarios (descritas con anterioridad) y cubiertas las expectativas de usabilidad e interacción con el sistema, como resultado se creó la pantalla que se muestra en la figura 8.

La pantalla del módulo tutorial se divide en tres secciones principales:

- Columna izquierda, en donde se visualizan a las trazas de la superficie cuadrática seleccionada.
- Parte superior, en donde se encuentra el modelo matemático correspondiente a la superficie cuadrática seleccionada.
- Parte central, es donde se visualiza la gráfica en el espacio tridimensional.

Aparece un personaje que explica el acceso al tutorial, con la finalidad de que usuario comprenda cómo interactuar con el sistema, una vez que el usuario lo completa éste desaparece la

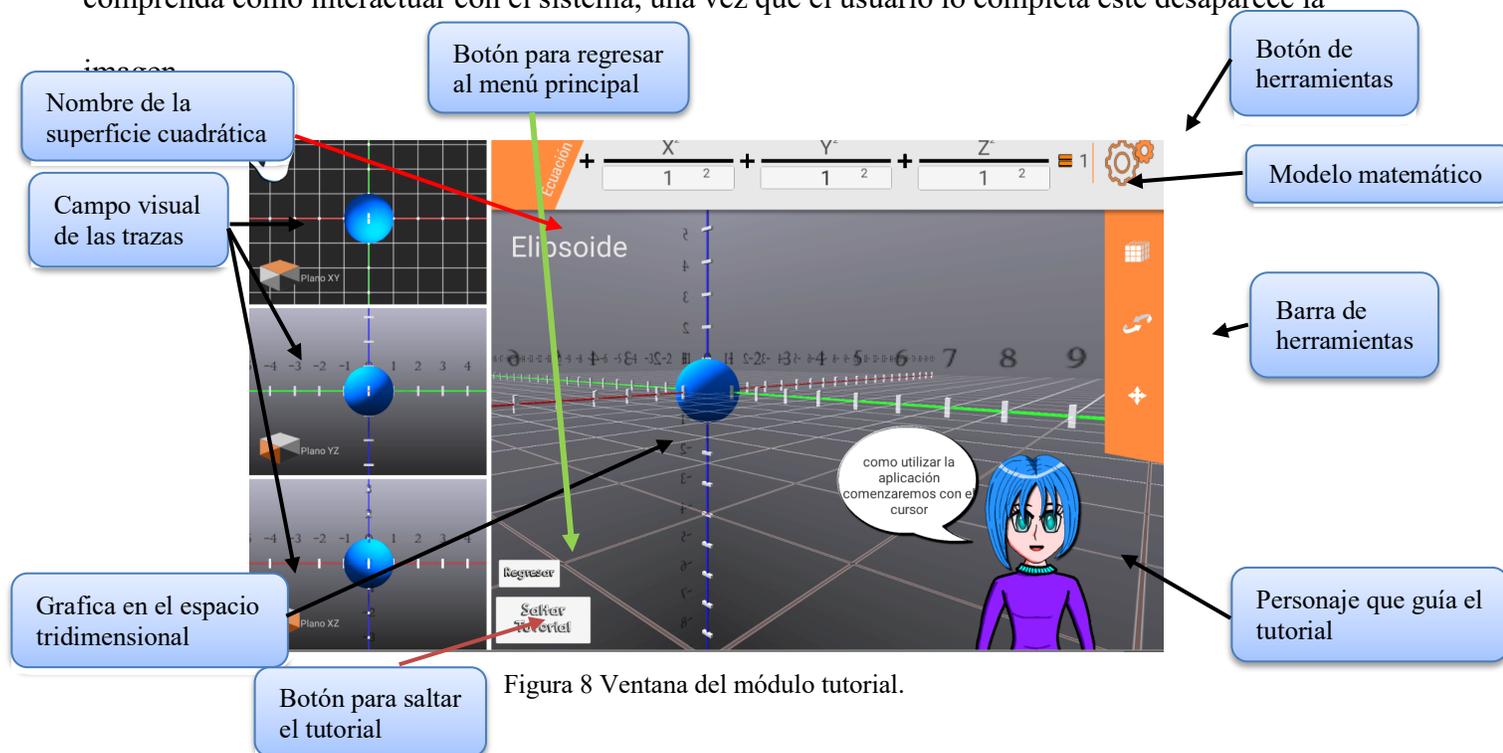


Figura 8 Ventana del módulo tutorial.

Para que el usuario pueda cambiar el denominador de la variable x que se encuentran en el modelo matemático y sea posible apreciar cómo esto produce un cambio en la gráfica tridimensional de la superficie seleccionada, se debe posicionar frente al Kinect realizar un gesto, el cual consta de mover las manos en forma horizontal separarlas para hacer crecer el denominador y acercarlas para disminuir su valor, esto a una distancia que no difieran más de 10 centímetros

una con respecto de la otra en cuanto a su altura, tal y como se muestra en su explicación dentro del tutorial y se puede observar en la figura 9.

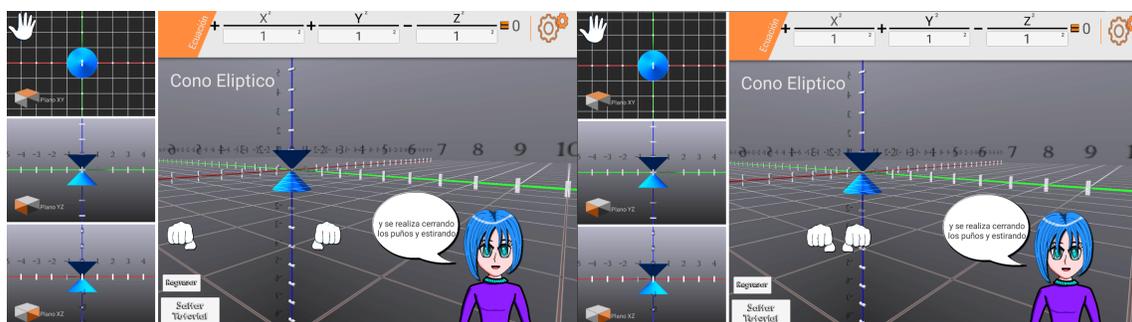


Figura 9 Ejemplo de cómo realizar el gesto para cambiar el denominador de la variable x

Para modificar los denominadores de las otras dos variables del modelo matemático, se realizan gestos parecidos a los descritos solo con ligeros cambios. Por ejemplo, el gesto para cambiar el denominador de la variable y se realiza con la mano derecha abierta y la mano izquierda cerrada en forma de puño, de igual forma alejando las manos horizontalmente una de la otra alejando para aumentar el denominador de la variable y , acercando para disminuir el denominador, sin que las manos difieran a más de 10 centímetros una de la otra en su altura, como se puede observar en la figura 10.

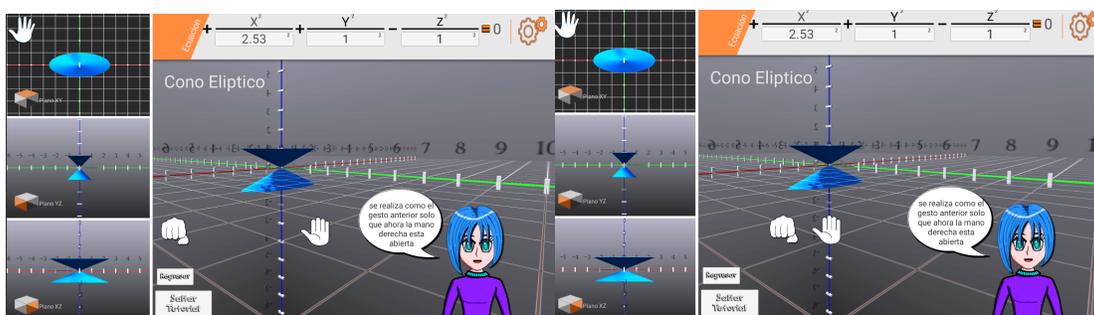


Figura 10 Ejemplo de cómo utilizar el gesto para cambiar el denominador de la variable y

Continuando con los gestos, para cambiar el denominador de la variable z , se realiza de forma vertical con las manos cerradas en forma de puño. En este caso, se deben de mantener ambas manos en el mismo eje de acción a no más de 10 centímetros de distancia vertical una de otra. Del mismo modo que los gestos anteriores, mientras más distancia exista entre las manos más aumenta

el denominador en la variable z y entre más pequeña esa distancia, disminuye el valor del denominador de la variable z , como se observa en la figura 11.

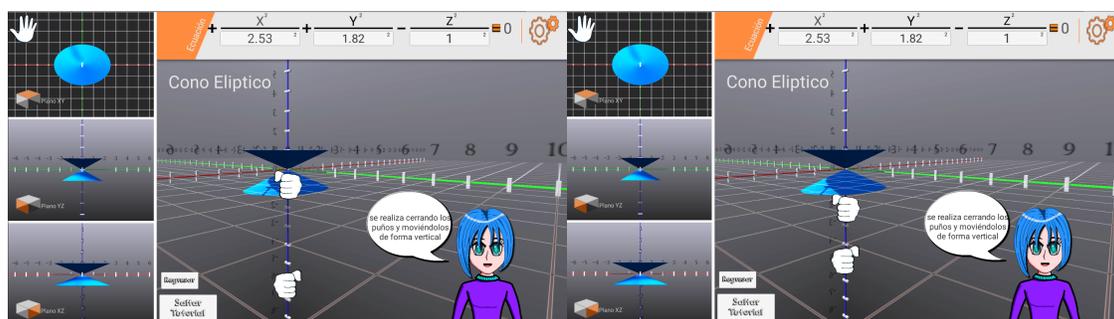


Figura 11 Ejemplo del gesto para cambiar el denominador de la variable en z

Para rotar la superficie cuadrática al rededor del eje y , y se aprecien los cambios en el modelo matemático, se debe hacer un movimiento como si se lanzaran ambos brazos hacia la derecha como se muestra en la figura 12.

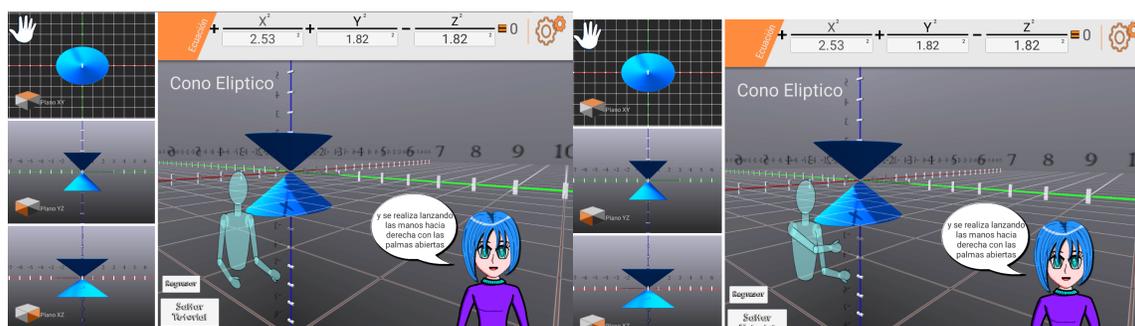


Figura 12 Ejemplo del gesto para hacer rotar la superficie cuadrática sobre el eje de las y

El siguiente gesto corresponde a rotar la superficie cuadrática en torno al eje x , consisten en lanzar ambos brazos hacia la izquierda, como se muestra en la figura 13.

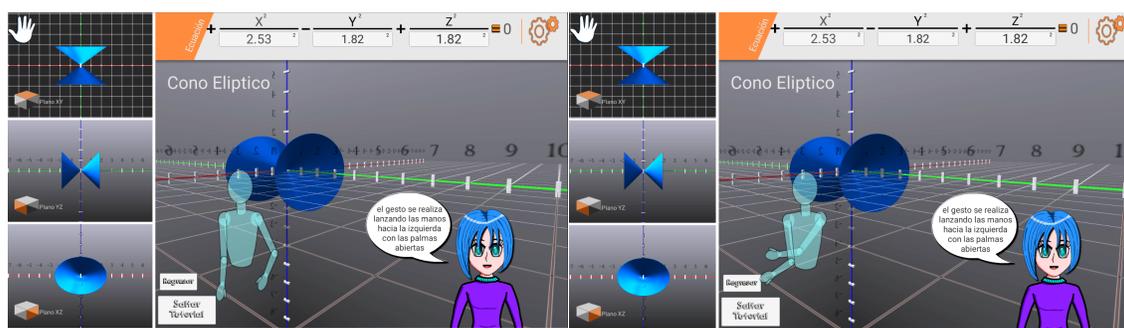


Figura 13 Ejemplo del gesto para rotar sobre el eje de las x

Para hacer rotar la gráfica sobre el eje z , se deberán levantar ambos brazos por encima de la cabeza, el cual se muestra en la figura 14, comenzando desde la esquina superior izquierda y terminando en la esquina inferior derecha.

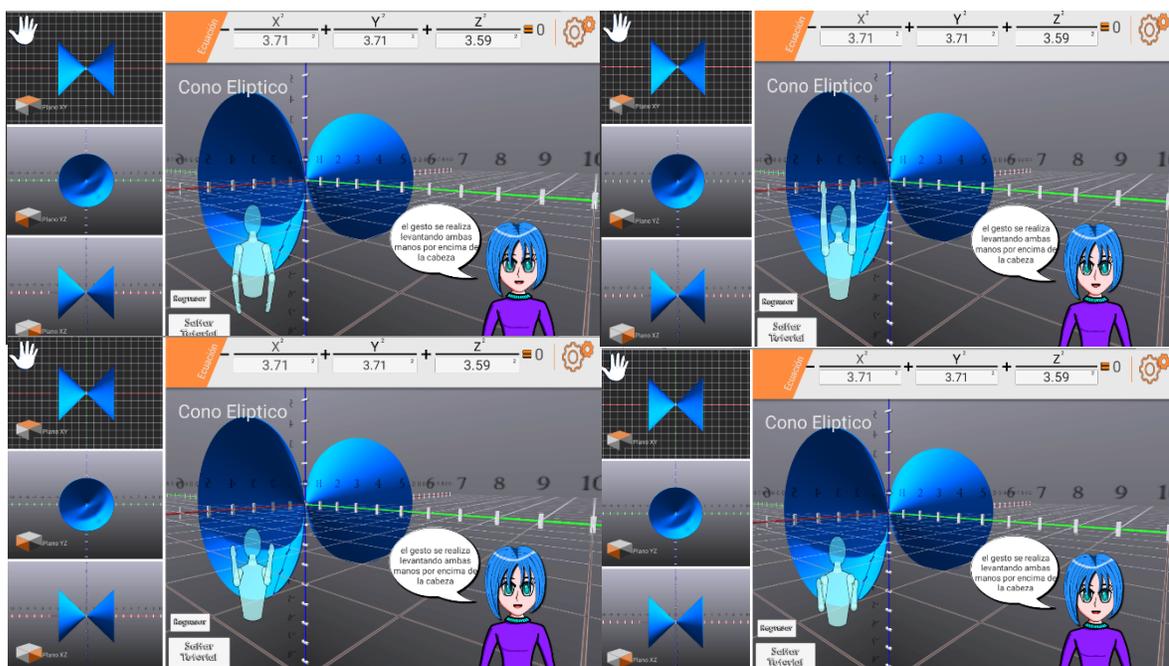


Figura 14 Ejemplo gesto para rotar sobre el eje de las z

El último de los gestos de interacción con los que cuenta el videojuego es acercar y alejar la superficie, similar al realizado para modificar el denominador de la variable x , solo que con las manos señalando, el acercamiento o alejamiento de la superficie está en función de el de las manos, como se muestra en la figura 15.

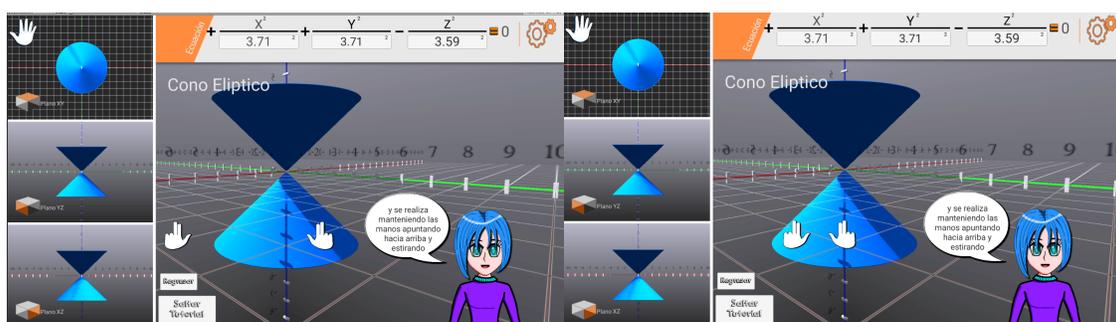


Figura 15 Ejemplo del gesto para realizar el Zoom

Como se puede observar en la figura 15, aparece el botón  que despliega el menú que muestra una lista de opciones que se pueden utilizar cuando no se cuenta con un sensor Kinect y las cuales se describen a continuación en la tabla 2.

Tabla 1 Herramientas para manipular las superficies cuadráticas

| Botón | Descripción |
|---|--|
|  | Abre la barra de opciones para elegir la superficie cuadrática deseada |
|  | Rota la figura sobre el eje seleccionado |
|  | Cambia el tamaño de la superficie sobre el eje seleccionado |

Descripción de las opciones que se encuentran en la barra de herramientas

Cuando se presiona el botón que contiene el icono del cubo, se despliega un menú con las opciones para cambiar de superficie cuadrática como se muestra en la figura 16.

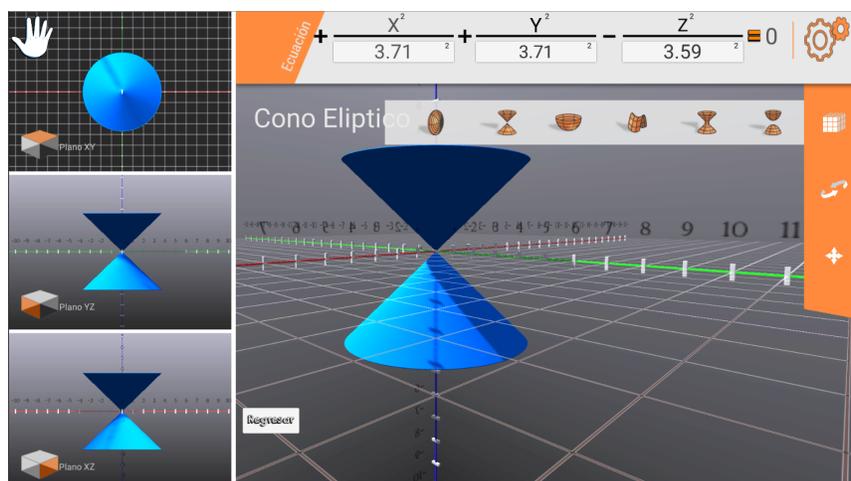


Figura 16 Se muestra la lista para seleccionar las superficies cuadráticas

La descripción de las opciones que aparecen en esta barra de opciones se describe a continuación en la tabla 3

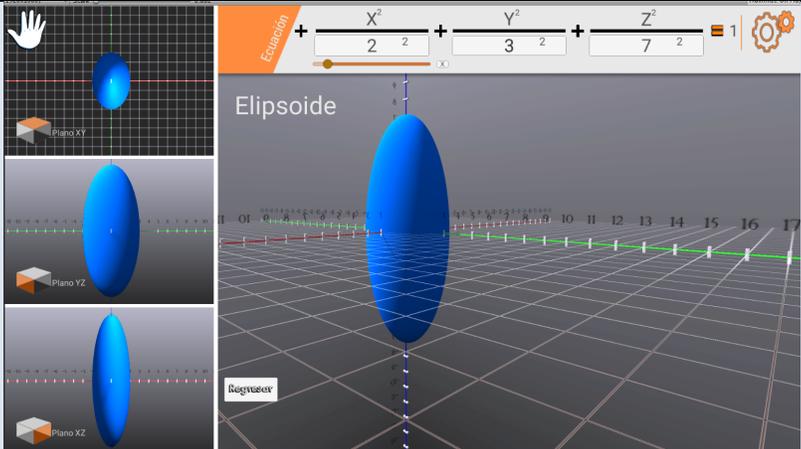
Tabla 2 Superficies cuadráticas que se pueden seleccionar

| Botón | Descripción |
|---|--|
|  | Selecciona la superficie cuadrática elipsoide |
|  | Selecciona la superficie cuadrática Cono elíptico |
|  | Selecciona la superficie cuadrática paraboloides elíptico |
|  | Selecciona la superficie cuadrática paraboloides hiperbólico |
|  | Selecciona la superficie hiperboloides de una hoja |
|  | Selecciona la superficie cuadrática hiperboloides de dos hojas |

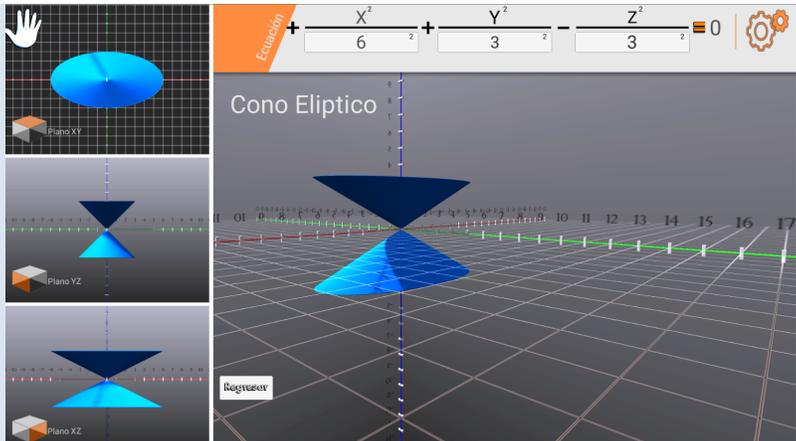
Descripción de las opciones en la lista de superficies cuadráticas

Las pantallas de la tabla 4 muestra el escenario en donde el usuario puede visualizar los cambios de la ecuación y sus efectos en la gráfica de la superficie cuadrática. Para cada una se incluyeron sus trazas (proyección de la superficie sobre cada uno de los planos coordenados), el modelo matemático y la gráfica correspondiente.

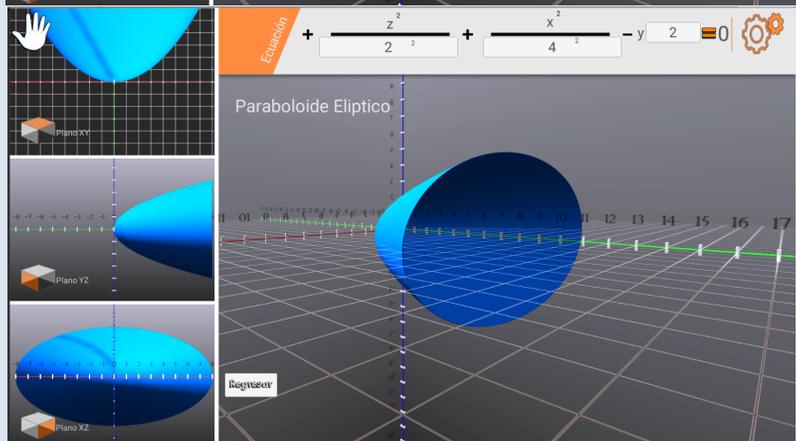
Tabla 3 Superficies cuadráticas

| Superficie seleccionada | Pantalla videojuego |
|-------------------------|--|
| Elipsoide |  |

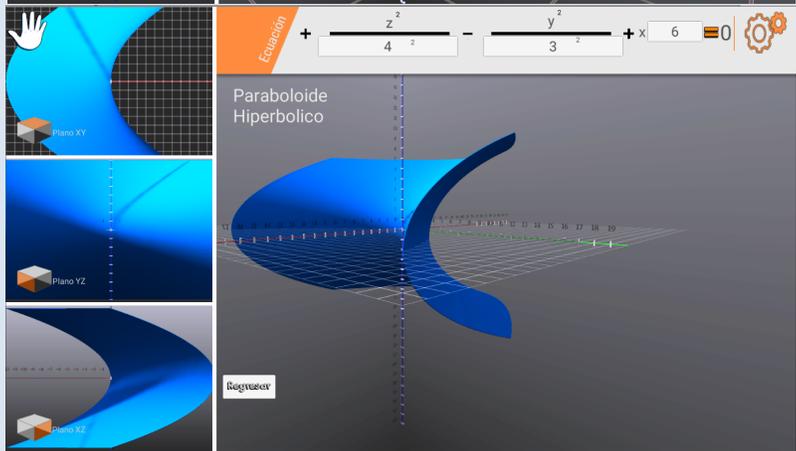
Cono elíptico

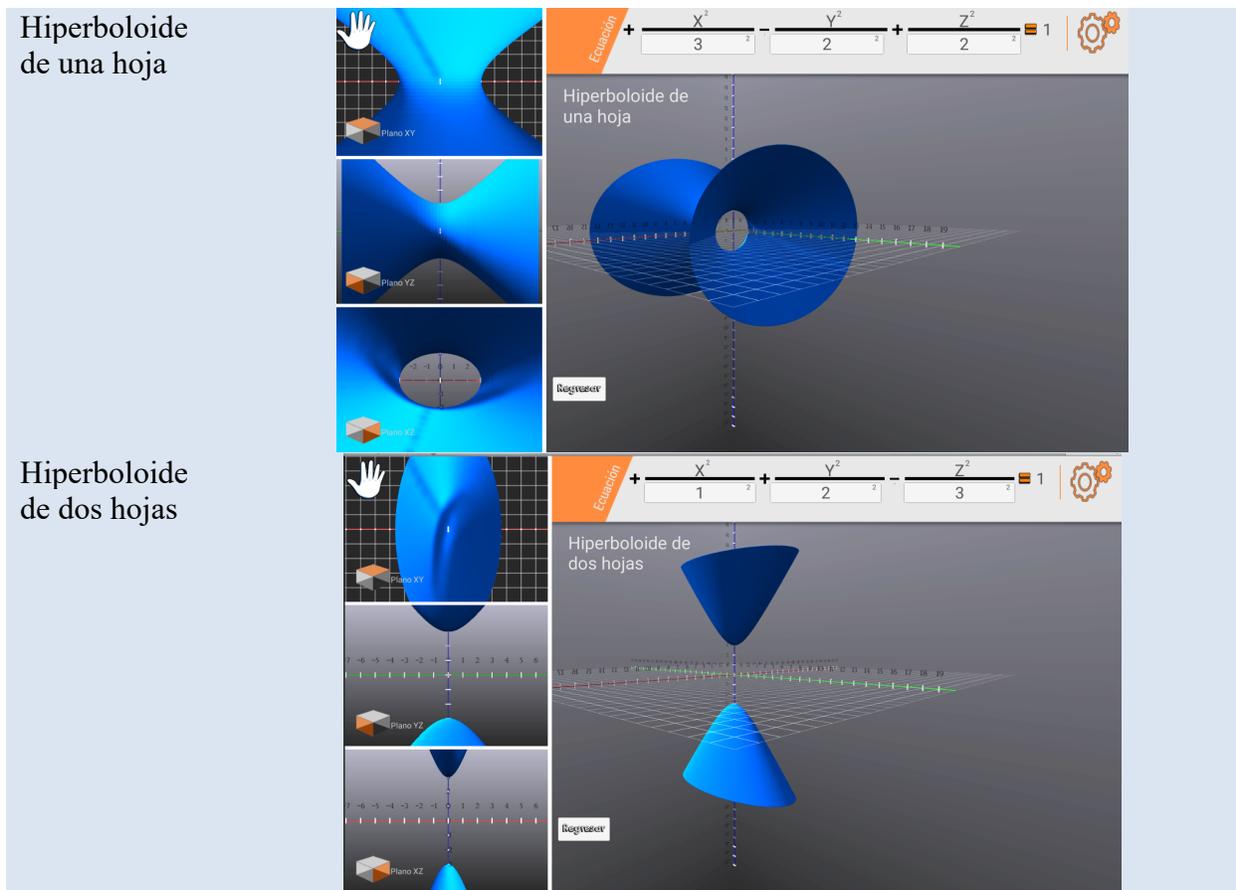


Paraboloide elíptico



Paraboloide hiperbólico





Se muestran las capturas de pantalla con cada una de las superficies cuadráticas seleccionadas

Lo que respecta al módulo del videojuego de la propuesta, éste fue creado siguiendo las reglas del prototipado por parches y así, desarrollarlo simultáneamente al módulo tutorial y de la misma forma, someterlo a una serie de pruebas basadas en la metodología centrada en el usuario, en donde participaron tanto los usuarios como los expertos en el área para garantizar su contenido didáctico, su usabilidad y su aceptación por los usuarios.

Este módulo se fundamentó en el módulo tutorial, incorporando los aspectos esenciales de un videojuego, como son un sistema de vidas, sistema de puntos, objetivo a alcanzar, etc. En la figura 17 se observa la pantalla principal en donde se muestra un cuadro de dialogo que solicita al usuario su nombre.

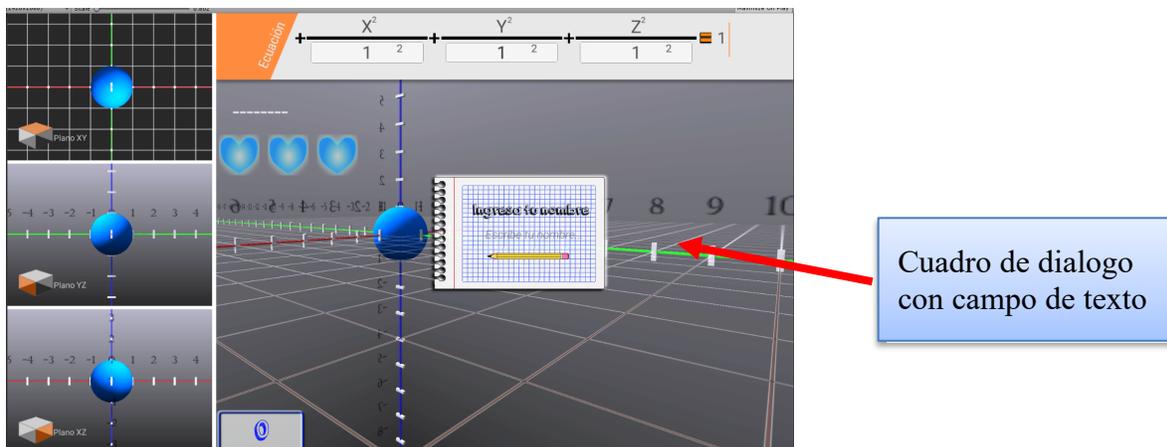


Figura 17 Ventana de inicio del módulo videojuego

Una vez que el usuario ingresa su nombre en el campo de texto y presiona el botón del lápiz, comenzar juego, aparece una breve explicación sobre los objetivos del videojuego, el cual se muestra en la figura 18.

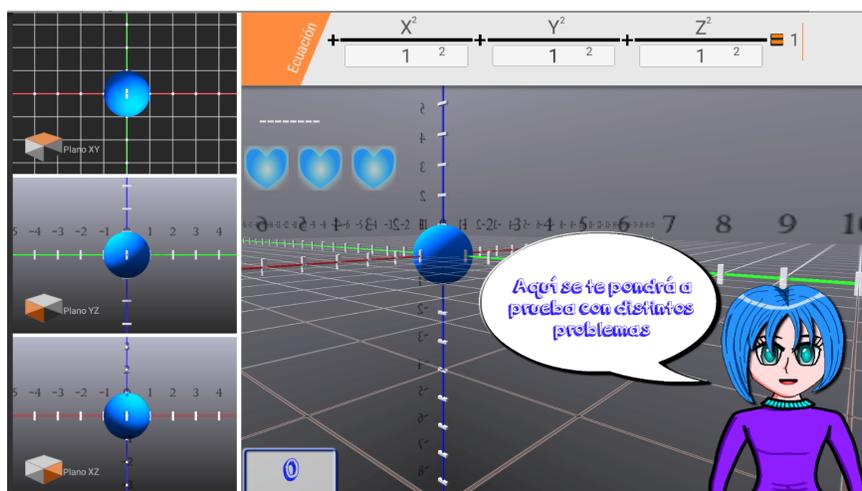


Figura 18 Personaje impartiendo el tutorial de inicio

Existen dos actividades distintas que el jugador debe realizar para acumular puntos. La primera consiste en igualar los denominadores de los elipsoides que se van presentando de forma aleatoria. Se decidió que fuera así para evitar que el usuario aprendiera la secuencia de respuestas, lo cual podría ser contraproducente al objetivo. Cuando aparece la pregunta, el jugador deberá proporcionar su respuesta en un tiempo determinado, ya que cuando el tiempo acabe la respuesta será evaluada. Si el usuario contestó correctamente, acumulará puntos, en caso contrario el usuario

no acumulará puntos y perderá una oportunidad de las tres que se le asignaron. En ambos casos, cuando el tiempo termine, aparece la siguiente pregunta. En la figura 19, se muestra un ejemplo de una de las preguntas.

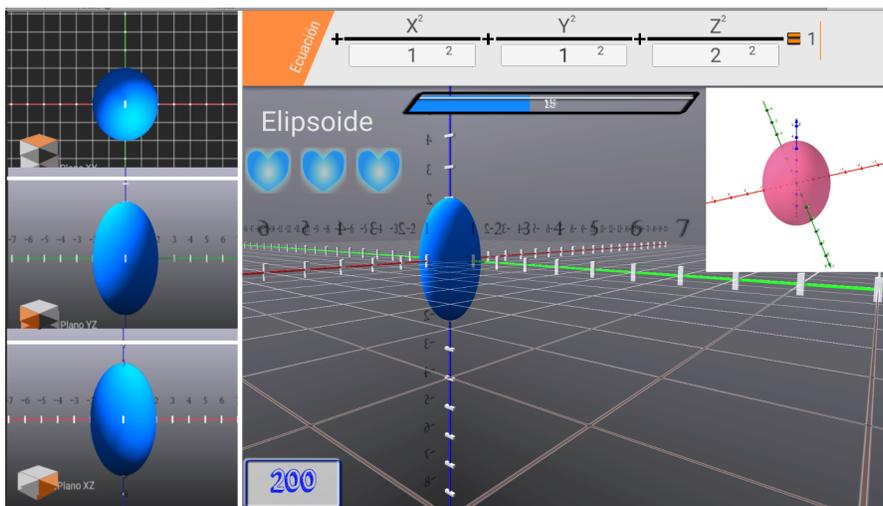


Figura 19 El juego muestra una pregunta de igualación

En el segundo tipo de preguntas (figura 20), el jugador debe decidir cuál es el modelo matemático que le corresponde a la superficie cuadrática que se presenta, dependiendo del eje sobre el cual este rotada la gráfica y que los denominadores de su modelo matemático correspondan correctamente. Se muestran tres opciones como solución y una de ellas es la correcta y ésta se selecciona por medio de flechas, la izquierda para retroceder al modelo matemático anterior y la derecha para pasar al siguiente, desde luego el usuario debe decidir la opción en determinado tiempo. Si el usuario selecciona el modelo matemático que corresponde acumula punto, en caso contrario el jugador no acumula puntos y pierde una vida.

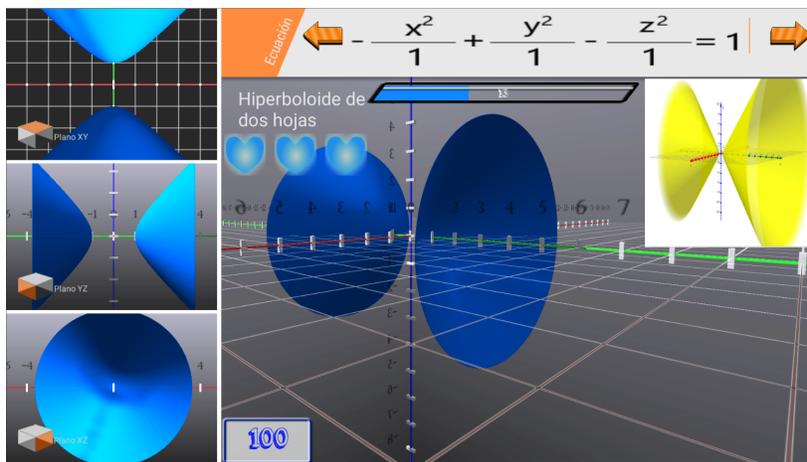


Figura 20 El videojuego muestra una pregunta para seleccionar el modelo matemático correspondiente

Existen dos formas en las que el usuario puede terminar la partida: la primera es perdiendo el total de las vidas y la otra es completando el total de las preguntas, lo cual lleva a la siguiente escena o módulo (referido en el módulo como *Evaluación*), en donde se muestra su la calificación o récord.

Este momento del se muestran dos elementos importantes de videojuego, el primero es la retroalimentación que indica el nivel de desempeño que obtuvo el usuario durante la partida, esto mediante una barra de estrellas, las cuales se rellenan dependiendo del nivel obtenido. Una estrella indica un bajo nivel, dos estrellas cuando el nivel es intermedio y tres estrellas cuando el nivel es aceptable, esto se muestra en la figura 21.



Figura 21 Barra de calificación del desempeño en la partida

Después de mostrar al jugador el nivel que obtuvo, se despliega una pantalla que muestra el nivel que tiene el jugador en comparación con el puntaje de otros jugadores, esto con la finalidad de motivar al jugador para que continúe preparándose o que reconozca sus habilidades (ver figura 22).

| Posición | Resultado | Puntuación |
|----------|---------------|------------|
| 1 | Sabriel | 2500 |
| 2 | Diego | 1500 |
| 3 | Diego AGUILER | 1100 |
| 4 | Sabriel Play | 1000 |
| 5 | Sabriel | 400 |
| 6 | Esteban | 300 |
| 7 | Octavio | 100 |

Menú Principal

Figura 22 Tabla con las puntuaciones obtenidas por los jugadores

Niveles

La versión actual no cuenta con una serie de niveles, el videojuego actual solo cuenta con un nivel de dificultad que es completado cuando el usuario completa el número total de preguntas correctamente.

En el módulo tutorial no se incluyen niveles ya que se trata de un simulador en el cual se pueden realizar las practicas propuestas para adquirir el aprendizaje necesario de los conceptos de superficies cuadráticas.

Estructura

La estructura de un videojuego varía dependiendo del tipo de videojuego que se esté realizando, en este caso “Identidad Cuadrática” cuenta con los siguientes puntos de la estructura básica de un videojuego.

- **Personajes:** El videojuego cuenta con un personaje no seleccionable que cumple la función de dar información al usuario sobre el videojuego, el cual explica los tutoriales tanto del “Tutorial” como del “Videojuego”.
- **Niveles y escenarios (Ambiente gráfico):** El videojuego actual cuenta con un total de 4 ambientes virtuales distintitos los cuales cuentan con su propia interfaz gráfica y su propio escenario tridimensional, estos cuatro escenarios corresponden a los ya explicados dentro del subcapítulo Diseño final del videojuego “Identidad Cuadrática”.
- **Base lógica:** Como el videojuego es básicamente una representación de la teoría de superficies cuadráticas, su base es el simular dicha teoría fiel mente, así como los conceptos y las relaciones que se tiene entre ellos, así que las reglas correspondieron a hacer que los gameObject (elementos del videojuego) cumplieran con dicha interacción entre ellos, además de las reglas que se diseñaron para el funcionamiento del videojuego, como fueron el sistema de vidas, el sistema de puntuación, etc. Los cuáles serán descritos más adelante en esta tesis.
- **Objetivos:** En general se definió que el usuario buscara completar el módulo videojuego con una calificación satisfactoria, después de realizar una serie de prácticas en el módulo “Tutorial”.

Gestos

El proceso de creación de gestos se diferencia en mucho con la programación de estos en el sensor Kinect en su primera versión, ya que esta viene con un SDK más completo que viene con un programa principal que funciona como administrador de varias herramientas, tutoriales, ejemplos y un gestor de descarga de paquetes el cual se muestra a continuación en la figura 26:

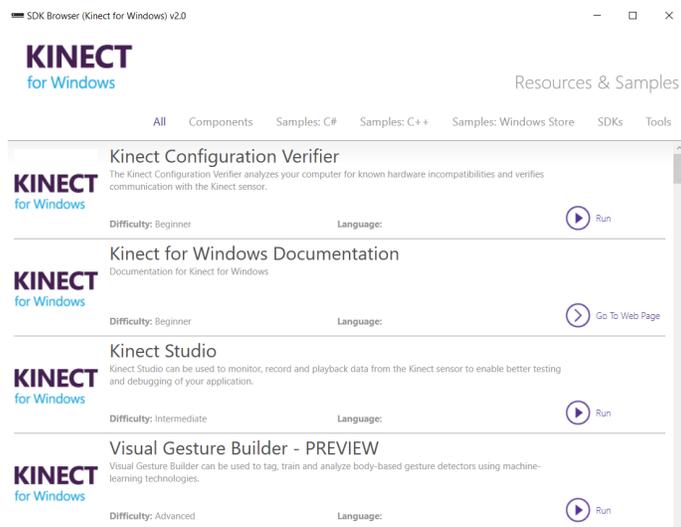


Figura 23 SDK browser programa que provee herramientas al desarrollador

Dentro de este administrador que proporciona el SDK Kinect V2 existen dos programas claves que fueron utilizados para la creación de los gestos el primero que describirte es el Kinect Studio, este programa proporciona al desarrollador la función para poder grabar videoclips desde el Kinect y los guarda en un repositorio.

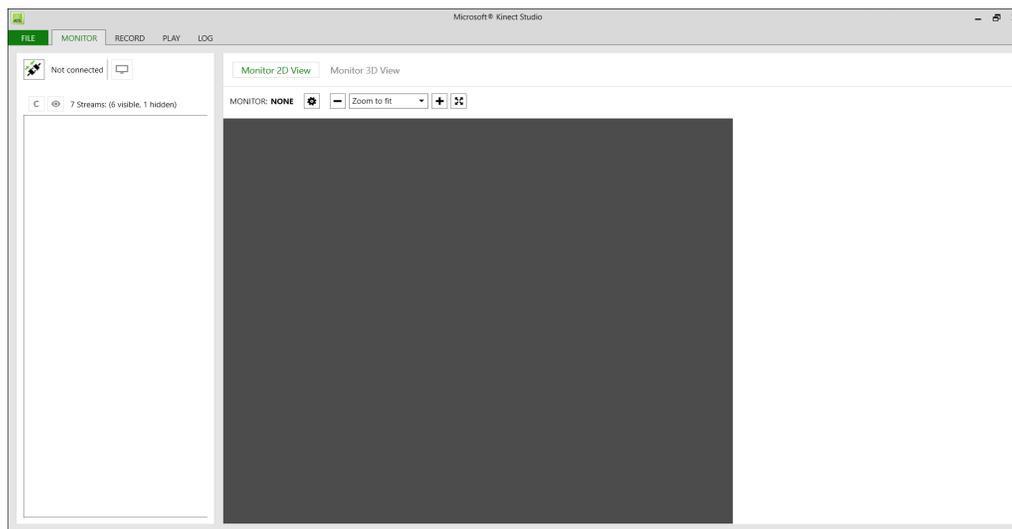


Figura 24 Interfaz principal del programa Kinect Studio

El otro programa que está incluido dentro del SDK es el Visual Gesture Builder, que es un programa que nos proporciona las herramientas para poder etiquetar los videoclips grabados con

el Kinect Studio y así utilizarlos para generar bases de datos de gestos, creadas a partir de las tecnologías de aprendizaje profundo.



Figura 25 Programa Visual Gesture Builder mientras se etiqueta un clip de video para su posterior procesamiento

Mecánicas del videojuego

Para realizar las mecánicas del videojuego se idearon los sistemas que compondrían el videojuego los cuales quedaron definidos como se enlistan a continuación:

- Sistema de Vidas
- Sistema de Puntuación
- Sistema de animación
- Sistema Base de datos
- Sistema de Mecánicas principal

Se definen cada uno de los sistemas a continuación

Sistema de Vidas

En este módulo se programaron los métodos necesarios para llevar el control de las vidas del personajes, lo cuales incluyen un método que asigna el valor de las vidas, un método que indica la cantidad de vidas actuales, un método que se encarga de actualizar los objetos en la interfaz del usuario que indican la cantidad de vidas, para representar la cantidad de vidas del usuario se crearon los Sprite con forma de corazones para representar las vidas en dos estados como se muestran en la figura 26:

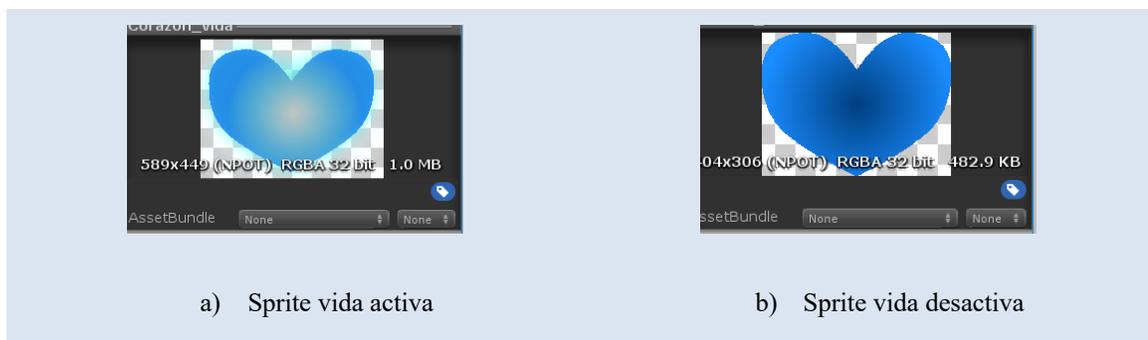


Figura 26 Sprite dentro Unity utilizados para representar el estado de las vidas del jugador

El sistema de puntuación

Se encarga de llevar el recuento de puntos obtenidos por el usuario a lo largo de la partida, además de contener los métodos necesarios para guardar la puntuación lograda dentro de la base de datos.

Sistema de animación

Se encarga de llevar un control sobre cuándo, cómo y por qué se deben de activar las animaciones durante la partida llevando el control de todos los Animator Controller que es un componente encargado de ejecutar las animaciones sobre los GameObjects utilizados.

Sistema de bases de datos

Contiene los métodos necesarios para poder interactuar con la base de datos, como realizar la conexión, guardar la información, leerla, modificarla etc. Y funciona como soporte para los sistemas que requieran de dichas funciones.

Sistema de mecánicas principal

Dentro de este sistema se encuentran los métodos encargados de utilizar a los demás sistemas para llevar a cabo el funcionamiento del videojuego, entre los métodos que se incluyen dentro de este sistema se encuentran inicio de la partida, tiempo entre las preguntas, condiciones para guardar puntos, para cambiar el estado de las vidas, mostrar ecuaciones, guardar puntuación y fin de la partida.

Escenario de uso

El escenario que se plantea para la utilización, primero es necesario contar con un equipo que cumpla con los requerimientos necesarios para poder utilizar el Kinect V2, dichos requerimientos se encuentran en la página oficial de Microsoft, el videojuego fue instalado en dicha computadora, desde el cual se podrá utilizar, se recomienda que se apoye de la utilización de un cañón o una pantalla para poder visualizar mejor la interfaz del videojuego, ya que al utilizar el Kinect el usuario se encontrará al menos a 1.5 metros de distancia, se recomienda utilizar el videojuego en sesiones de tiempo cortas de aproximadamente 10 minutos, por el momento realizando las actividades propuestas por el docente en el módulo tutorial y después de completar las prácticas se procede a evaluar el aprendizaje adquirido en el módulo videojuego.

Implementación del videojuego “Identidad Cuadrática”

Un resultado importante de para esta investigación fue la creación de la versión beta videojuego. Para eso, fue necesario que éste pasara por diferentes etapas de diseño y evaluación.

En el diagrama de la figura 27, se muestran dichas etapas.

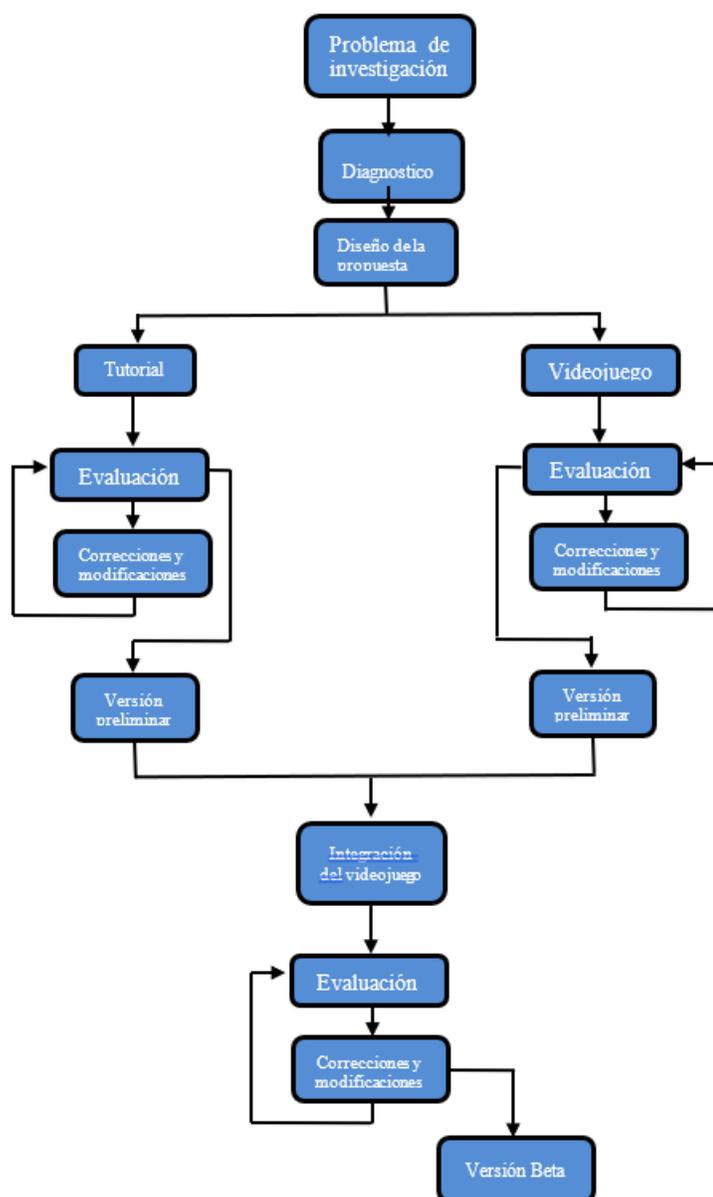


Figura 27 Etapas para el diseño de la versión beta del videojuego

El primer bloque del diagrama de la figura 27, se inicia con el planteamiento del problema que cual fue expuesto por el área de ciencias básicas del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán.

Para profundizar y contextualizar aún más dicho planteamiento se realizó un estudio diagnóstico en el que mediante entrevistas a estudiantes y expertos se les preguntó las dificultades que identificaban cuando abordan el análisis de gráficas y sus modelos matemáticos en el espacio tridimensional. Las respuestas recabadas convergieron en que los estudiantes muestran dificultad en asociar los elementos que componen el modelo matemático y su relación con la gráfica que representan. Por tal razón, se convino incluir en esta propuesta las superficies cuadráticas y su relación entre el modelo matemático y su forma geométrica.

Una vez caracterizadas esas dificultades, se planteó la presente propuesta en donde el estudiante inmerso en el ambiente virtual pudo visualizar y manipular las gráficas en su escenario natural que es la tercera dimensión y relacionarlas con su modelo matemático. Primeramente, se desarrolló el módulo tutorial del videojuego, el cual se diseñó desde la metodología de diseño centrado en el usuario, para lo cual se contó con la participación de tres estudiantes de licenciatura, dos de los cuales ya habían acreditado el curso de cálculo vectorial y uno de segundo semestre que no había cursado dicha asignatura.

En esta etapa de evaluación, también participaron tres expertos del área de matemáticas, cuya actividad principal fue el diseño de la teoría inmersa en el tutorial, monitorear que los conceptos matemáticos fueran abordados correctamente en el tutorial, los usuarios fueron quienes evaluaron la usabilidad del módulo. Cada vez que se recolectó información, se realizaron las correcciones, y así sucesivamente progresó la evaluación, como se muestra en el ciclo de evaluación y corrección-modificación, del diagrama de la figura 21. Una vez avalado por los expertos y los usuarios, se obtuvo la versión preliminar del módulo tutorial.

Mientras el módulo tutorial era evaluado, se trabajaba sobre el módulo videojuego al cual se le aplicó el mismo método de evaluación, de la misma forma y hasta que cumplió con las

expectativas de los usuarios y de los expertos, se obtuvo la versión preliminar. Cabe resaltar, que para lograr dicho ciclo de evaluación se utilizó la metodología de prototipado por parches. Cuando se obtuvieron los dos módulos preliminares se integraron dentro de una aplicación principal, la cual correspondería el videojuego serio completo. Entonces, inició su ciclo de evaluación, de la misma forma que los dos módulos anteriores. Una vez terminado su ciclo y cubriendo las expectativas didácticas de los expertos y los usuarios, se definió la versión beta del videojuego.

Metodología de desarrollo

Metodología Ágil y prototipos

En tanto que para el desarrollo de videojuego se seleccionó y aplicó la metodología ágil basada en prototipos (Kendall & Kendall, 2011), ya que la base del diseño de este trabajo se centra en el enfoque centrado en el usuario. Esta técnica consiste en recopilar rápidamente información específica sobre los requerimientos de los usuarios, a partir de instrumentos conocidos con son la observación, entrevistas etc.

Los prototipos como tal no cuentan con una definición, sino que dependen de la situación específica en donde serán implementados. Dentro de ellos existe el prototipo de parches que consisten en la generación de prototipos que se enfocan en la funcionalidad, pero pueden carecer de funcionalidades o contener errores, pero sirven para que el usuario pueda ir evaluando la interfaz e interacción con el sistema, los errores y limitaciones son corregidas a partir de la información proporcionada por los usuarios obteniendo un sistema completo al terminar con las evaluaciones y los parches. En la investigación se utilizaron los prototipos por parches.

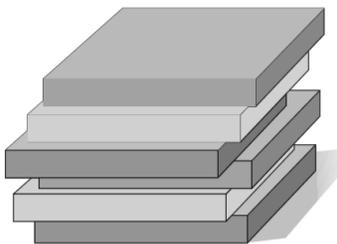


Figura 28 (Kendall & Kendall, 2011) Prototipo de parches (p.156)

Se trabajó con los siguientes lineamientos para crear los prototipos:

- Trabajar con módulos administrables.

Se trata de realizar prototipos que contengan las características claves del sistema dejando de lado las menos importantes, para que puedan ser probadas por los usuarios y de esta manera poder ir corrigiendo las partes importantes y no esperar hasta la creación del sistema completo

- Crear el prototipo con rapidez.

Es necesario crear prototipos con rapidez ya que es parte fundamental de este enfoque

- Modificar el prototipo.

Se deben de generar prototipos que puedan ser modificados y por lo tanto sean altamente independientes. Cada nueva modificación conlleva una nueva evaluación

- Hacer énfasis en la interfaz de usuario.

Debe de poder realizar todas las tareas e interactuar de manera simple con el usuario, ya que para los usuarios la interfaz es el sistema y no debe de considerarse como un obstáculo

A lo largo del desarrollo del proyecto se estuvieron definiendo las principales características de la propuesta las cuales fueron, un simulador que muestra las superficies cuadráticas que fueron seleccionadas por los expertos y sus respectivos sistemas de interacción, los cuales fueron probados en distintos prototipos, evaluados y mejorados agregándoles las nuevas

funcionalidades a modo de parches. Por otro lado, el módulo videojuego con sus principales mecánicas, como fueron las reglas que definen el modo de juego, sistemas de vidas, sistema de puntos, guardado de información, condiciones de victoria, los cuales fueron probados también cada prototipo hasta lograr la versión preliminar, para después integrar todo dentro de una aplicación que contiene los dos módulos propuestos más un tercero en el cual se muestra el desempeño alcanzado por el usuario durante su partida y su nivel en comparación con otros jugadores.

Arquitectura del sistema

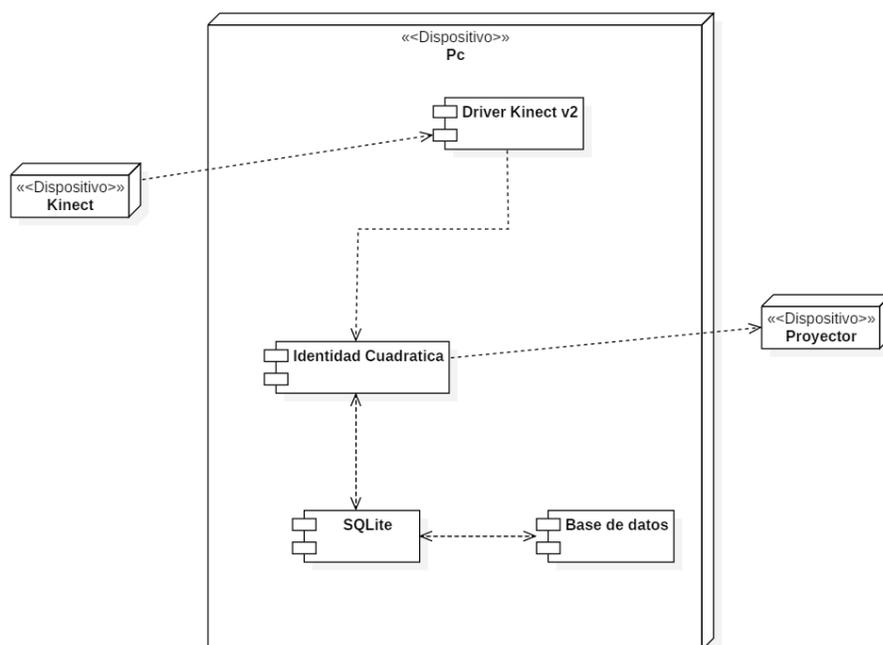


Figura 29 Diagrama de emplazamiento del sistema

En la figura 29 se encuentran los componentes del videojuego los cuales esta conformados por distintos dispositivos el primero de ellos es el Kinect, el cual es un sensor que detecta el movimiento de los usuarios y puede hacer un seguimiento de sus articulaciones, detección de gestos y la detección de tres estados de la mano los cuales son: “open”, “closed” y “pointing”, el siguiente componente es la computadora, la cual contiene componentes los cuales interactúan para

el funcionamiento del videojuego, son: el Driver Kinect v2, el cual es el programa encargado de controlar el sensor conectado a la computadora y se encarga de recolectar la información del Kinect, el videojuego Identidad Cuadrática es el que contiene toda la interacción con el usuario, como lo es la obtención de información y presentación de la misma. El manejador de base de datos SQLite es utilizado para utilizar bases de datos que funcionan con archivos, la base de datos que es un archivo en el cual se guarda la información de los usuarios y es administrado por SQLite, y finalmente un dispositivo de proyección para poder visualizar el videojuego en una escala mayor que la pantalla de una computadora.

Herramientas para la implementación del sistema

Motor de videojuego

Un motor de videojuegos es una herramienta que se ha generado con el propósito de facilitar la programación de un videojuego, automatizando algunos sistemas más básicos que componen la parte esencial de un videojuego, sistemas como, el sistema de renderizado, de colisiones, de audio, etc. El motor de videojuegos también es conocido como el núcleo del videojuego y puede llegar a definir el comportamiento de los módulos que serán creados a partir de su utilización e incluso hasta definir el tipo de videojuego que se podrá construir.

Para poder comenzar con el desarrollo del videojuego se realizó una comparación entre los distintos motores de videojuegos que existen en el mercado actual comparando las características más importantes para tomar una decisión y seleccionar con cual motor se desarrollara el videojuego, esto se muestra a continuación.

Motores de videojuegos

Para comenzar con el desarrollo del videojuego se realizó una investigación sobre las opciones de motores de videojuegos que existían para el desarrollo, dentro de los cuales se encontraron las siguientes opciones:

Blender: Blender Game Engine (BGE) es la herramienta de Blender para proyectos en tiempo real, desde visualizaciones arquitectónicas y simulaciones hasta juegos.

Blender Game Engine, se debe de tener en cuenta que actualmente no es muy compatible y que hay planes para su reorientación y refactorización que, como mínimo, romperá la compatibilidad.

Su programación es basada en Scripts, que se escriben en el lenguaje de Python, además de contar con algunas librerías especializadas en la programación de videojuegos. (blender Game Creation, s.f).

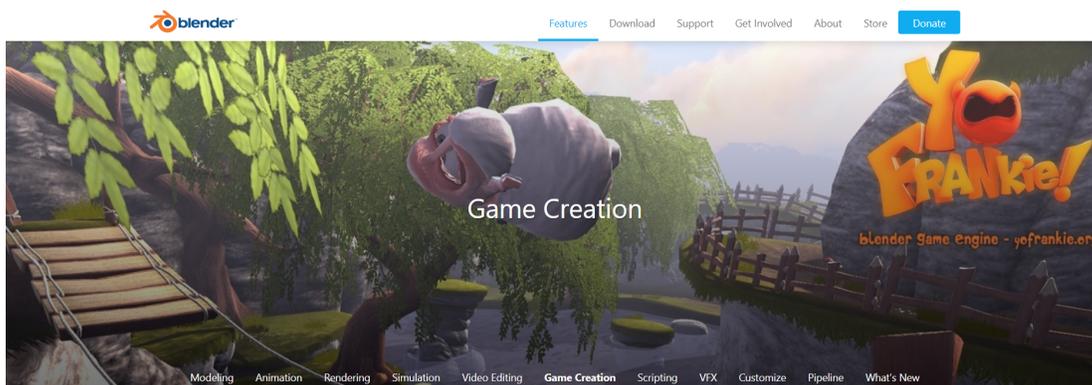


Figura 30 Página oficial de Blender game creation

GameMaker Studio, es un motor de videojuegos cuyo entorno de desarrollo está basado en la técnica “Arrastrar y soltar”, y con la utilización del lenguaje GML (GameMaker Lenguaje). No es necesario pasar directo al código para desarrollar un videojuego, pero solo está ambientado para generar juegos en 2 dimensiones. ([Página Oficial Game Maker], s.f.)

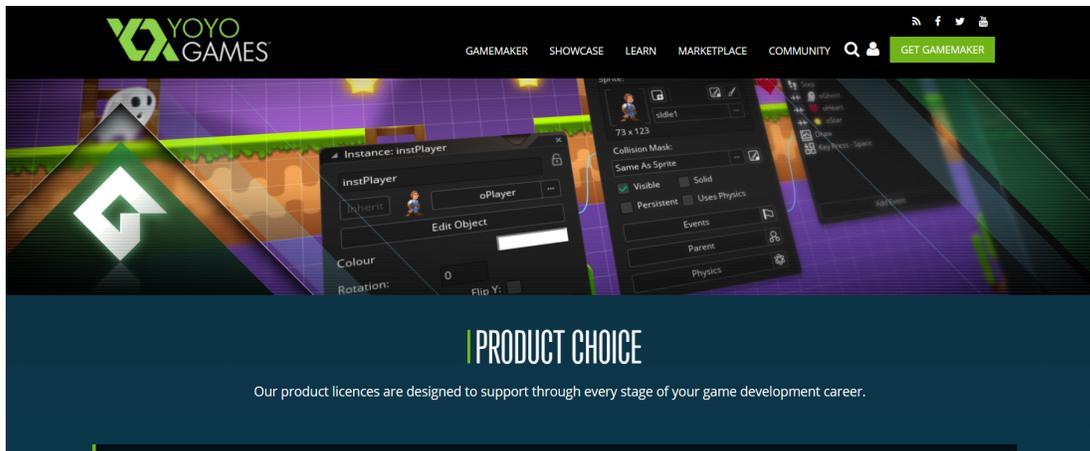


Figura 31 Página oficial motor Game maker

Unreal Engine

Es un motor de videojuegos creado por la compañía Epic Games el cual está programado en código c++, cuenta con un gran grado de portabilidad logrando una gran variedad de exportaciones a la mayoría de las plataformas actuales.

En especial, está enfocado en la creación de aplicaciones para consolas, por lo cual provee de una gran gama, e innovación en cuanto al renderizado con gráficos en 3D ([Página oficial Unreal Engine]. s.f.).

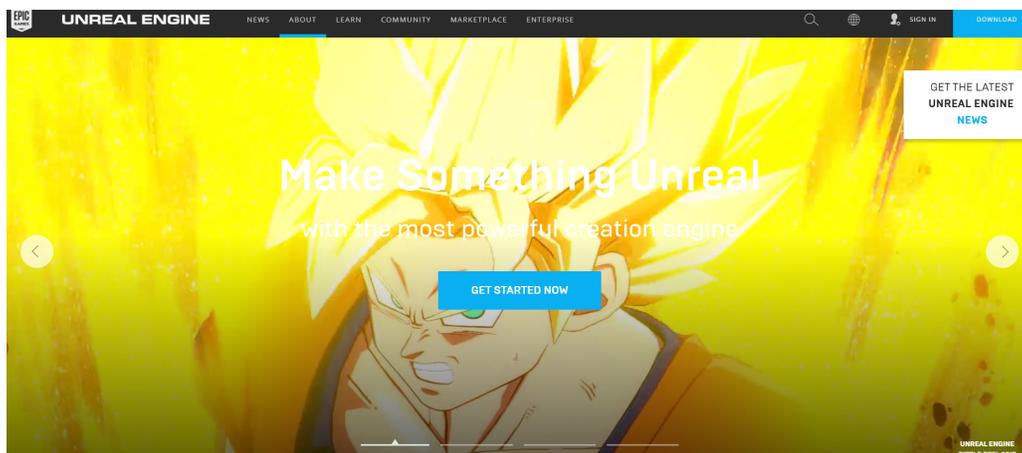


Figura 32 Página oficial motor Unreal Engine

Unity 3D

Es un motor de videojuegos desarrollado por Unity Technologies cuenta con una amplia cobertura de herramientas necesarias para la creación de videojuegos. Actualmente, por la amplia cantidad de desarrolladores que lo utilizan, se posiciona como uno de los mayores motores para desarrollo de contenido en crecimiento a futuro. Además, cuenta con una licencia gratuita para desarrolladores principiantes o estudiantes. Aun con la licencia gratuita, se puede acceder a la mayoría de sus características más importantes como la exportación a distintas plataformas y la compatibilidad con varias tecnologías de periféricos de entrada. (Unity, s.f.).



Figura 33 Página oficial motor Unity 3D

Para decidir con cuál de los motores de videojuegos se desarrollaría el proyecto se realizó una investigación y se estandarizaron las características principales de los motores de videojuegos para compararlos y tomar una decisión, la información se muestra en la tabla 5.

Tabla 4 Cuadro comparativo distintas características de motores de videojuegos

| Nombre | Lenguaje programación | de Scripting | Exportación a múltiples plataformas | Licencia |
|------------|-----------------------|--------------|---|----------|
| Blender | Python, c y c++ | Python | Windows, Linux, OS X | GPL |
| Game Maker | C++ | GML | Windows, Linux, OS X, android, iOS, Xbox 360, Xbox One, | Paga |

| | | | | |
|---------------|-----|------------------------|--|---|
| Unreal Engine | C++ | C++, Unreal Script | PlayStation 4, PlayStation 3, PlayStation Vita, HTML5, Tizen PS4, X box one, Nintendo switch, MAC, Windows, steam, Linux, HTML 5, IOS, Playstation VR, Android, Oculus, Samsung gear VR, VIVE POR, Magic leap | Pago por creación del ejecutable |
| Unity 3D | C# | C#, javascript, Boo | PS4, X box one, Nintendo switch, MAC, Windows, steam, Linux, HTML 5, IOS, Playstation VR, Android, Oculus, Samsung gear VR, VIVE POR, Magic leap, 3DS, Apple Artkit, Vuforia, tv OS, DayDream, etc. | Gratis sin algunas características solamente |

Características analizadas para decidir con cual motor se desarrolló el proyecto.

Se realizo un análisis de los distintos dispositivo sensores de interacción humano-computadora que existían en el mercado; el sensor requerido debería de ser inmersión. Para esto, se decidió que el sensor Kinect era la mejor opción como interfaz ya que se trata de un sensor de profundidad la cual puede medir hasta tres distintos tipos de información los cuales son video en RGB, sonido para poder realizar reconocimiento de voz y la profundidad a la cual se encuentran los objetos en su zona de captura, y por medio del cual nos permite hacer el tracking (seguimiento) de cierta cantidad de articulaciones y mediante el cual se pueden generar la detección de gestos por medio de la utilización de máquinas de estados, en donde cada estado corresponde a una

posición específica de dichas articulaciones, que al ser completados se concreta un gesto. Además, los valores de las posiciones de las articulaciones pueden ser obtenidas y de esta manera poder ser utilizados para los propósitos que convengan.

Para la generación de Sprite se utilizó del software Flash cs6 en su versión de prueba, con el cual fue en la medida de lo posible el diseñar personajes, y gráficos utilizados en la interfaz de usuario en la figura 36 se muestra el software de Flash cs6 en donde fueron diseñados algunos gráficos utilizados en la interfaz de usuario.

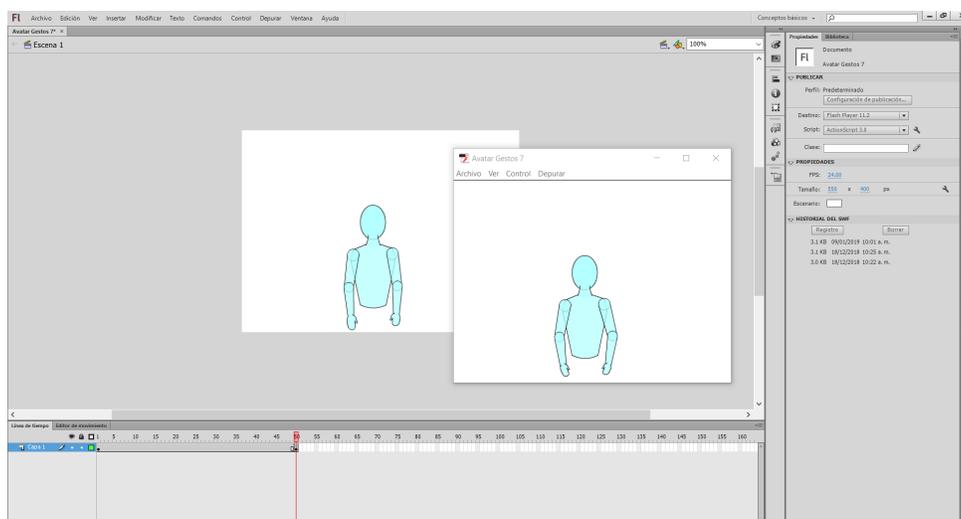


Figura 34 Software Flash CS6 con el diseño para un Sprite

También fueron utilizadas las imágenes obtenidas a partir del software GeoGebra, las cuales se presentan como objetivos e la mecánica de preguntas, a petición de los expertos cuando se pregunta por un elipsoide, se deshabilitan las perspectivas de los planos de la figura para presentarle como datos extra, las perspectivas del elipsoide modificado.

Capítulo 4 evaluación del videojuego desarrollado

En este capítulo se muestra el proceso de evaluación del videojuego “Identidad Cuadrática”, en búsqueda de valorar la efectividad que tiene para enseñar a los alumnos los

conceptos de superficies cuadráticas con un enfoque al tránsito entre dos registros de representación.

En la primera parte se describe la metodología para realizar la evaluación del videojuego “Identidad Cuadrática”, después se definen los objetivos de dicha evaluación, así como el diseño del estudio, se especifican también el modo de selección de los participantes, pasando por la configuración del estudio del usuario, se describe el procedimiento realizado para la aplicación de las pruebas, el desarrollo del estudio de la evaluación, se describe la prueba piloto para continuar con la recolección de los datos más importantes obtenidos, pasando a un análisis de los datos, continuando pasamos a los resultados después se indica la utilidad del videojuego, también se describe la facilidad de uso y algún otra área de interés.

Metodología de la evaluación

Se desarrollo una metodología cualitativa, ya que mediante esta es posible conocer las razones por las cuales los individuos actúan de la forma en que lo hacen, como cuando un suceso irrumpe de forma tal que pueda dar lugar a cambios en la percepción que tiene de las cosas (Baez & Pérez, 2009). Para recabar datos relevantes para la investigación fue necesario incorporar las técnicas e instrumentos que incluye esta metodología teniendo en cuenta que se generará un videojuego con el cual se espera lograr un cambio en la interpretación acerca de las superficies cuadráticas que se estudia de la manera tradicional (un maestro en el salón de clases explicando en un pizarra) en comparación con la implementación de un videojuego serio que implementa realidad virtual inmersiva.

Las técnicas e instrumentos

Técnica Think Aloud

La técnica Think Aloud se refiere en su traducción a “pensar en voz alta”, y es un método el cual consiste en obtener información a partir de expresar en voz alta los pensamientos, mientras se realiza una tarea de interés (Ávila, Bianchetti & González ,2017).

El objetivo de esta técnica es descubrir el proceso mental que realizan los usuarios y que los lleva a comprensión de este, el objetivo es que el usuario verbalice sus procesos cognitivos.

Sus orígenes se dan en la psicología y a su vez derivado del método de introspección. Lo importante en este método es el indicar en voz alta el pensamiento que se tiene al realizar las acciones objetivo, es importante el evitar momentos de silencio ya que se perdería información importante que es la que se busca obtener con este método, este método generalmente se utiliza para poder acceder a los procesos cognitivos que de otra forma no sería posible el observarlos.

En el método Think Aloud propuesto por (Ericsson & Simon, 1980) dicta que las representaciones verbales de los procesos cognitivos de los usuarios no se vean influenciadas por los observadores, de tal manera que el rol que desempeñan los sea pasivo en manera de lo posible, para lograr estos objetivos se proponen las siguientes medidas (Ávila, Bianchetti & González ,2017).

- Explicar de manera clara y cuidadosa las instrucciones de la actividad que se pretende realizar, para que de esta forma no se inflencie al usuario al momento de comentar sus pensamientos
- Realizar prácticas de prueba de la actividad a realizar

- Limitar la participación del observador dejando como única interacción una palabra clave para limitar los momentos de silencio algo como “continúe por favor” y así evitar en máxima forma el influenciar la expresión del usuario.

En el método descrito por (Ericsson & Simon, 1980) se especifican dos tipos de verbalizaciones:

- Think Aloud concurrente, si las verbalizaciones se obtienen al mismo tiempo en el que se lleva a cabo la actividad
- Think Aloud retrospectivo, si las verbalizaciones se obtienen después de que se llevó a cabo la actividad

Teniendo la metodología como premisa el hacer que el usuario comente lo que pasa por su mente cuando está realizando alguna acción, se ha utilizado como herramienta para poner a prueba la usabilidad, de sitios de internet, interfaces, productos, etc.

Se estableció que se utilizaría este método para evaluar la usabilidad y la opinión que se tenía sobre el diseño de las mecánicas del videojuego para lo cual se eligieron una serie de pasos a seguir el primero sería que el usuario tendría una pequeña sesión en donde utilizaría el sistema como segundo paso se procedería a explicar al usuario como se aplicaría el método, explicándole al usuario que exprese todo lo que le pase por la mente, y que el observador solo le pedirá que continúe expresando sus pensamientos al realizar las tareas de utilizar el videojuego.

La entrevista en profundidad como instrumento en recolección de datos

Rodríguez, Gil y García (1999), dentro de su clasificación de entrevistas, consideran a la entrevista en profundidad como medio de interacción social entre al menos dos personas que genera una comunicación de significados: el entrevistado explica su punto de vista sobre un

fenómeno o evento y el entrevistador intenta comprender o interpretar esa explicación. La entrevista es vista como un medio directo de obtención de información, ya que se requiere “acezar” al pensamiento del sujeto a partir de sus acciones, y para lograrlo, es necesario conocer de viva voz sus argumentos, observar sus actitudes, dibujos, expresiones, sus decisiones en la elección de opciones para resolver el problema (cómo y por qué), y este instrumento proporciona cierta libertad al entrevistador en la formulación de la pregunta de acuerdo a la ocasión (Rodríguez, Gil y García, 1999)

Para realizar esta entrevista se seleccionaron una serie de tópicos en los cuales se tomaron como base para la realización de una entrevista los tópicos seleccionados para la entrevista fueron:

- Semestre que cursa actualmente
- Carrera
- Asignaturas de matemáticas cursadas
- Conocimiento del espacio tridimensional
- Habilidad para ubicar puntos en el espacio tridimensional
- Conocimiento sobre qué es una superficie cuadrática
- Saber si ha graficado en tercera dimensión
- Si ha graficado en tercera dimensión ¿Cuáles han sido sus dificultades?
- Para que crees que sirvan
- En donde has utilizado las superficies cuadráticas

Video y audio grabaciones.

Se utilizaron las grabaciones de audios para realizar la captura de las sesiones de las entrevistas realizadas a los usuarios y su posterior análisis. Se realizaron videograbaciones de las sesiones en donde se aplicó el método think aloud para mantener al mínimo la interacción con los usuarios y de esta forma evitar el influenciar las ideas de los usuarios al momento de compartir sus pensamientos. Sobre las actividades que realizaron.

Evaluación escrita.

Este instrumento, proporcionado por los expertos en matemáticas, consistió en una serie de ecuaciones y superficies cuadráticas en donde al estudiante se le solicitó relacionara el modelo matemático con su gráfica correspondiente, esto con la finalidad de conocer el progreso del estudiante después de utilizar el videojuego. A continuación, en la figura 35 se muestra el instrumento utilizado.

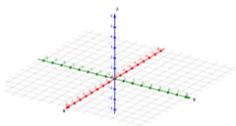
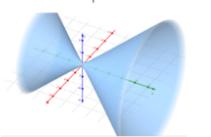
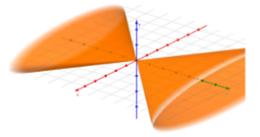
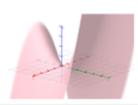
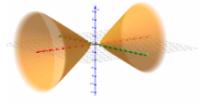
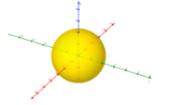
| CALCULO VECTORIAL | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------------|---|---|---|---|
| Nombre _____ | | | | | | | | | | No Control _____ | | | | |
| Relaciona la gráfica de la superficie cuadrática con su modelo matemático | | | | | | | | | | | | | | |
| Modelo | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N |
| Gráfica | | | | | | | | | | | | | | |
| |  | | | | | | | | | | | | | |
| | ORIENTACION EN TODAS LAS GRÁFICAS | | | | | | | | | | | | | |
| A | $z=y^2+9z^2$ |  | | | | | | | | | | | | |
| B | $\frac{x^2}{1} - \frac{y^2}{1} - \frac{z^2}{1} = 1$ |  | | | | | | | | | | | | |
| C | $x = z^2 + y^2$ |  | | | | | | | | | | | | |
| D | $\frac{x^2}{4} + \frac{y^2}{4} + \frac{z^2}{4} = 1$ |  | | | | | | | | | | | | |
| E | $-\frac{x^2}{1} - \frac{y^2}{1} + \frac{z^2}{1} = 1$ |  | | | | | | | | | | | | |

Figura 35 Examen para evaluar el aprendizaje obtenido

Cuaderno de trabajo.

Este instrumento consistió en un documento impreso, diseñado por maestros del área de ciencias básica del instituto tecnológico de Cd. Guzmán, cuya finalidad fue promover la interacción usuario-tutorial de una manera guiada y no azarosa, que promoviera que el estudiante se acercara a la comprensión de la relación entre la gráfica y su correspondiente modelo matemático de las superficies cuadráticas a continuación en la figura se muestran unas imágenes del cuaderno.

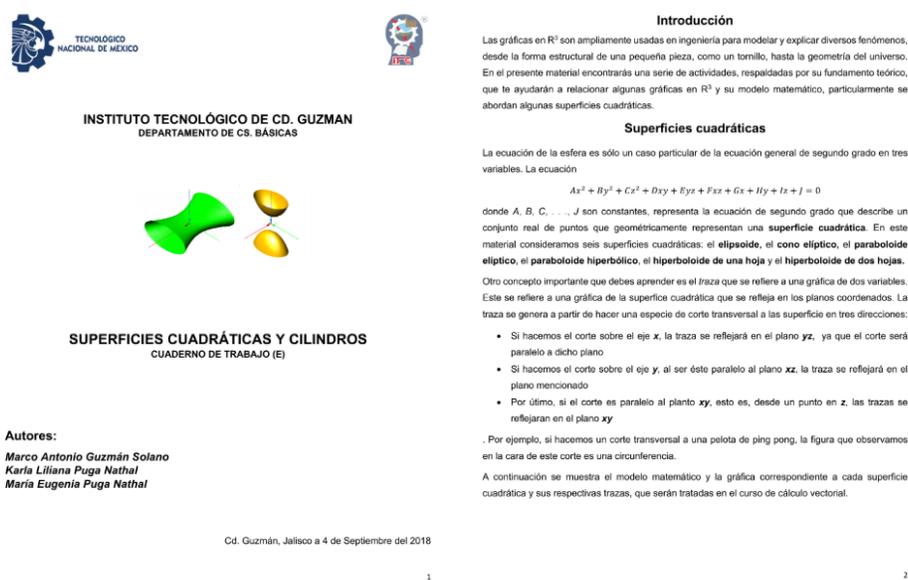


Figura 36 Cuaderno de trabajo

Objetivos de la evaluación

La evaluación central de videojuego se centró en tres objetivos específicos los cuales fueron:

- Usabilidad: se pretendió lograr un sistema amigable al momento de ser utilizado por los usuarios finales.

- Contenido académico: que los expertos dieran un visto bueno sobre el contenido del videojuego que fomente el aprendizaje de los usuarios.
- Efectividad: Si el videojuego logro fomentar el aprendizaje de un concepto matemático nuevo en los alumnos, basado en la teoría de representación semiótica.

Diseño del estudio

Para contextualizar la aplicación y evaluación de la propuesta es necesario aclarar que todo el proceso se desarrolló desde el esquema del diseño centrada en el usuario. La puesta en escena se desarrolló en dos momentos, con dos grupos de estudiantes con características académicas diferentes.

En la intervención, se utilizaron tres instrumentos de recolección de datos, el primero consistió en un cuaderno de trabajo diseñado por los expertos (figura 20) que sirvió de vínculo entre el jugador y la sección de módulo tutorial del videojuego. Este material contiene actividades diseñadas estratégicamente para centrar la atención del usuario en los elementos esenciales de los conceptos tratados, de esta forma su interacción con el tutorial no resultó azarosa. Realizaron la lectura de algunos aspectos generales de las superficies cuadráticas y después interactuaron con el módulo tutorial para así obtener información de los progresos de los usuarios (Ávila, Bianchetti & González, 2017).

La propuesta se implementó con los estudiantes mencionados, se observaron dos aspectos en su intervención: la usabilidad del videojuego y los aprendizajes logrados con éste. Para el primero, se aplicó la técnica think aloud para la evaluación de la interfaz, mecánicas e interacción del videojuego en su totalidad, incluidos los dos módulos. Para indagar sobre los aprendizajes alcanzados, se aplicó un instrumento diseñado por los expertos, que consistió en un documento

impreso con una serie de preguntas en donde el usuario debía identificar la gráfica de una superficie y relacionarla con su modelo matemático.

Reclutamiento y características de los participantes

El primer grupo estuvo conformado por tres estudiantes del tercer semestre de la carrera de ingeniería en sistemas computacionales. La característica principal de esta primera muestra fue que los tres poseen diferentes cualidades académicas, y fueron seleccionados por docentes del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán que imparten la materia de cálculo vectorial. El criterio de selección fue en base a sus habilidades académicas, siendo tres categorías: altas, intermedio y bajo. La razón de esta decisión fue para observar cómo se desempeñaba el videojuego en usuarios con distintas habilidades de aprendizajes y contrastar sus logros.

Para la segunda evaluación del videojuego se realizó con dos estudiantes que presentan características muy diferentes. Uno de ellos de reciente ingreso a al Instituto Tecnológico de Cd Guzmán, de la carrera de ingeniería en sistemas computacionales y el segundo de noveno semestre (está por egresar) de la carrera de ingeniería electrónica. Se buscó indagar sobre los logros de los dos estudiantes y describir sus logros académicos pese a que el contraste era evidente, ya que el de nuevo ingreso aún no contaba con muchos conocimientos en matemáticas a nivel universitario y el otro usuario había concluido y acreditado exitosamente las seis asignaturas de matemáticas obligatorias que se ofertan en el Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán, pero que en el aula no trató los conceptos que conllevan las superficies cuadráticas.

Configuración del estudio de usuario

Para las evaluaciones del videojuego se generó un ejecutable, además de pasar la versión del videojuego en formato de proyecto de Unity, para que fuera evaluado por los expertos y la usabilidad por dos estudiantes designados por ellos.

En tanto que para las pruebas finales se ambientó un aula que fue proveída por el Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, en donde se adaptó un ambiente favorable para la realización de las pruebas, se instaló el videojuego en una computadora que cumplía con los requerimientos mínimos, se instaló el sensor Kinect y se procedió con las instrucciones a los participantes para comenzar con la realización de pruebas y la recolección de los datos.

Procedimiento

En la intervención, se utilizaron tres instrumentos de recolección de datos, el primero consistió en un cuaderno de trabajo diseñado por los expertos (figura 36) que sirvió de vínculo entre el jugador y la sección de módulo tutorial del videojuego. Este material contiene actividades diseñadas estratégicamente para centrar la atención del usuario en los elementos esenciales de los conceptos tratados, de esta forma su interacción con el tutorial no resultó azarosa.

Después el método think aloud con el cual se pretendía recolectar la información de la usabilidad del videojuego para ser tomada en cuenta para la generación preliminar del videojuego, con dicha técnica se evaluaron el ambiente virtual, la interfaz, la interacción y las mecánicas de juego, las sesiones fueron videograbadas para un análisis posterior y evitar interferir con los datos generados por los usuarios.

EL tercer instrumentó consistió en la aplicación de un examen post videojuego en el cual se evaluó si el videojuego promovía o no el aprendizaje de los conceptos de superficies cuadráticas.

Como se explicó con anterioridad se realizaron dos sesiones de evaluación, pero para la segunda evaluación, como los usuarios resultaron ser curricularmente significativamente diferentes, se optó por realizar una entrevista en profundidad, la cual se centró en los tópicos señalados con anterioridad (La entrevista en profundidad como instrumento en recolección de datos). La finalidad específica con esta entrevista fue conocer algunas características académicas que permitiera dimensionar con mayor perspectiva las capacidades académicas de los sujetos y determinar cuál fue el impacto del videojuego en dichos jugadores.

Desarrollo del estudio de evaluación

La propuesta se implementó con los tres primeros estudiantes ya mencionados, en esta evaluación se observaron dos aspectos en su intervención: la usabilidad del videojuego y los aprendizajes logrados con éste. Para el primero, se aplicó la técnica think aloud para la evaluación de la interfaz, mecánicas e interacción del videojuego en su totalidad, incluidos los dos módulos. Para indagar sobre los aprendizajes alcanzados, se aplicó un instrumento diseñado por los expertos, que consistió en un documento impreso con una serie de preguntas en donde el usuario debía identificar la gráfica de una superficie y relacionarla con su modelo matemático.

El método think aloud se aplicó de la siguiente manera: se le explicaron al usuario los gestos e interacción con el videojuego mientras se familiarizaba con los gestos. Posteriormente inició su partida y se le solicitó que expresara en voz alta todas las ideas que pasaran por su mente durante la interacción con el sistema y el observador solamente se limitó a interrumpir los momentos de silencio con la onomatopeya de aclararse la garganta, esto para evitar influir en la información generada por el usuario, que como ya se abordó en la teoría en el subcapítulo Think Aloud, cualquier uso de palabras puede influir en la información que el usuario hubiese pretendido

comunicar. Estas sesiones fueron videograbadas para evitar corromper en la información generada por los usuarios en la medida de lo posible.

Para la segunda evaluación se encontró que:

El estudiante de primer semestre: hasta el momento de la entrevista, cursaba la asignatura de cálculo diferencial, teniendo en cuenta que cálculo vectorial se estudia en el tercer semestre y es el momento en que se aborda los conceptos matemáticos tratados en esta investigación. Desde la entrevista que se le realizó se obtuvo la siguiente información relevante: Él definió el espacio tridimensional: “como un lugar geométrico en donde se encuentran objetos tridimensionales, o posiciones que son medidas en tres variables que son, alto, ancho y profundidad”. No sabía cómo ubicar puntos en el espacio tridimensional, no había graficado en tercera dimensión, no sabía que eran las superficies cuadráticas, Él consideró que las superficies cuadráticas nos podían ser útiles para describir comportamiento de fenómenos en el espacio tridimensional y, además, cuando surja la necesidad de graficar en tercera dimensión, sea posible definir correctamente la gráfica.

Después de la entrevista, se le proporcionó el cuaderno de trabajo y posteriormente realizó las prácticas en el simulador del videojuego o modulo tutorial. Manifestó agrado por el ambiente, se sintió cómodo, aunque no detecto la falla en una respuesta que fue reportada con anterioridad por otro usuario en la página 14 del cuaderno de trabajo.

Una vez más se aplicó el método think aloud enfocado en la usabilidad del sistema, en donde el usuario comentó que en cuanto a los gestos le parecían muy bien y que funcionaban excelente. Sin embargo, los gestos para lograr que la superficie se oriente sobre los ejes le resultaron complicadas. Una observación relevante fue que le agradaba el efecto de la sombra en el modelo tridimensional, ya que le ayudaban a visualizar mejor la resolución del objeto en tercera dimensión.

Estudiante de noveno semestre: Este estudiante fue también entrevistado y mencionó que había cursado las materias de cálculo diferencial, calculo integral, calculo vectorial, ecuaciones diferenciales. Comentó que sí conocía el espacio tridimensional, además sabía cómo representar puntos en el espacio tridimensional. En cuanto a su conocimiento sobre las superficies cuadráticas, lo consideró básico, casi nulo. Comentó que, si había graficado en tercera dimensión, relató que la mayor dificultad que se le presentaba era el calcular el valor de los puntos de la gráfica y trazarla a partir de esos puntos. En su opinión las superficies cuadráticas servían para describir objetos de la vida diaria o fenómenos físicos.

Prueba piloto

Se realizó la prueba siguiendo dos enfoques, uno en que la información que contenía el videojuego fuera correcta con la teoría de superficies cuadráticas y la segunda fue enfocada en los usuarios quienes evaluaron el ambiente virtual, esta prueba fue realizada por expertos en el tema, los cuales fueron maestros en el área de ciencias básicas del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, para la evaluación de del ambiente virtual se contó con la ayuda de dos estudiantes del mismo Instituto Tecnológico, quienes entregaron una serie de observaciones que fueron atendidas y de esta forma obtener el visto bueno de ambas partes.

Colección de datos

Las observaciones más relevantes para la investigación de cada sujeto se describen:

- a) Usuario intermedio: dentro del módulo tutorial observó en la interfaz gráfica que los signos matemáticos no se apreciaban bien en algunas de las ecuaciones, ya que a partir de determinada distancia se confunden con las líneas que separan el numerador y el denominador. En tanto se encontró que, en los gestos designados para la interacción existía

un problema con la detección del gesto que corresponden al eje z y los gestos para rotar la gráfica sobre los ejes se dificultaban, pero que en general comentó “los gestos de interacción me agradaron me parecieron muy fácil de entender”.

Este usuario observo que en el módulo videojuego, en la interfaz gráfica, los colores de las flechas para cambiar de ecuación se perdían con el color del fondo, y que en las imágenes que aparecen como objetivo de pregunta no se aprecian bien los números, en cuanto a las mecánicas del juego dijo que el tiempo entre preguntas es muy corto, y que el tutorial debería tener una explicación más comprensible.

En cuanto a sus aprendizajes (figura 19), se observó una correcta interpretación de los parámetros que hay en el modelo matemático. Sin embargo, no todos los modelos matemáticos fueron bien relacionados con su gráfica, podría ser resultado de que algunos modelos matemáticos comparten una estructura muy similar y solo se diferencian por ciertos signos, consideró que, utilizando el videojuego por más tiempo, por medio de sesiones, se podría lograr que los usuarios identifiquen con mayor exactitud los modelos matemáticos.

- b) Usuario alto: Continuando con el alumno de nivel alto, en lo que concierne al cuaderno de trabajo el alumno observo una falla en lo que corresponde a una de las opciones para relacionar el modelo matemático con su gráfica, ya que el modelo matemático era la opción, pero no correspondía con los signos que debería de tener, este error se encontraba en la página 14 del cuaderno.

En cuanto a la interfaz gráfica, las observaciones más trascendentes fueron que los colores son muy oscuros, lo cual le dificultaba su visualización. En cuanto a los gestos de interacción, detectó un problema con el gesto que modifica el parámetro del eje z . Comentó “que no es muy natural realizar ese movimiento” y además sugirió crear un sistema que bloquee la detección de

gestos e interacción con la interfaz de usuario mientras se realiza un gesto. En las mecánicas del videojuego sugirió también más tiempo para contestar las preguntas y opinó que sería bueno incluir distintos minijuegos con diferentes objetivos, pero siguiendo la misma temática sobre las superficies cuadráticas.

En la evaluación de sus logros académicos, se observó que la interpretación de los parámetros del modelo matemático quedó clara, ya que comprendía el efecto en la gráfica al modificar los denominadores del modelo matemático y la relación del modelo matemático con su gráfica tridimensional fue comprendida y también los efectos en el modelo matemático cuando se rota sobre uno de los ejes.

- c) Usuario bajo: Fue último estudiante en esta prueba. Las observaciones en cuanto a la interfaz gráfica se centraron en las trazas de los planos. Mencionaba que en algunas no se podían percibir por completo las superficies. En cuanto a las mecánicas del juego coincidió con los anteriores usuarios en que era poco tiempo para las preguntas además el tutorial no le pareció entendible. En cuanto a los gestos, también propuso una especie de bloqueo mientras se realiza un gesto en específico. Cabe resaltar que le resultó complicado utilizar los gestos para controlar la aplicación.

En cuanto a la evaluación comprendido lo que sucedía al cambiar los parámetros del modelo matemático y logró identificar algunos de los modelos con sus gráficas.

- d) Estudiante de primer semestre: hasta el momento de la entrevista, cursaba la asignatura de cálculo diferencial, teniendo en cuenta que cálculo vectorial se estudia en el tercer semestre y es el momento en que se aborda los conceptos matemáticos tratados en esta investigación. Desde la entrevista que se le realizó se obtuvo la siguiente información relevante: Él definió el espacio tridimensional: “como un lugar geométrico en donde se encuentran objetos

tridimensionales, o posiciones que son medidas en tres variables que son, alto, ancho y profundidad”. No sabía cómo ubicar puntos en el espacio tridimensional, no había graficado en tercera dimensión, no sabía que eran las superficies cuadráticas, Él consideró que las superficies cuadráticas nos podían ser útiles para describir comportamiento de fenómenos en el espacio tridimensional y además, cuando surja la necesidad de graficar en tercera dimensión, sea posible definir correctamente la gráfica.

Después de la entrevista, se le proporcionó el cuaderno de trabajo y posteriormente realizó las prácticas en el simulador del videojuego o modulo tutorial. Manifestó agrado por el ambiente, se sintió cómodo, aunque no detecto la falla en una respuesta que fue reportada con anterioridad por otro usuario en la página 14 del cuaderno de trabajo.

Una vez más se aplicó el método think aloud enfocado en la usabilidad del sistema, en donde el usuario comentó que en cuanto a los gestos le parecían muy bien y que funcionaban excelente. Sin embargo, los gestos para lograr que la superficie se oriente sobre los ejes le resultaron complicadas. Una observación relevante fue que le agradaba el efecto de la sombra en el modelo tridimensional, ya que le ayudaban a visualizar mejor la resolución del objeto en tercera dimensión.

En la parte de las mecánicas del videojuego, una de las observaciones fue que el tiempo transcurre aun cuando se está seleccionando la respuesta, pero que le agradaba que el reto fuera en contra del tiempo. En cuanto a sus logros académicos (evaluados con el mismo instrumento que los estudiantes de tercero), se observó que relacionó correctamente las gráficas con sus modelos, ya que el examen fue perfecto y fue capaz de relacionar todos los modelos matemáticos con sus respectivas graficas.

Una de las observaciones que cabe resaltar fue que este usuario mencionó que le parecía excelente que al final de la parte de evaluación apareciera el nivel alcanzado por medio de estrellas, ya que a él le recordaba a los videojuegos y no se sentía como estar utilizando algún software educativo. Además, fue de su agrado la posibilidad de observar su nivel logrado en comparación con el de otros usuarios, ya que esto lo motivaba a lograr un mayor puntaje e intentarlo de nuevo.

Este usuario mostro un gran dominio y adquisición del conocimiento ya que en el examen post videojuego logró la puntuación perfecta relacionando cada uno de lo modelo matemáticos con su respectiva gráfica, sin cometer un solo error, como se muestra en la tabla 7.

- e) Estudiante de noveno semestre: Este estudiante fue también entrevistado y mencionó que había cursado las materias de cálculo diferencial, calculo integral, calculo vectorial, ecuaciones diferenciales. Comentó que sí conocía el espacio tridimensional, además sabía cómo representar puntos en el espacio tridimensional. En cuanto a su conocimiento sobre las superficies cuadráticas, lo consideró básico, casi nulo. Comentó que, si había graficado en tercera dimensión, relató que la mayor dificultad que se le presentaba era el calcular el valor de los puntos de la gráfica y trazarla a partir de esos puntos. En su opinión las superficies cuadráticas servían para describir objetos de la vida diaria o fenómenos físicos.

En cuanto a la información recaba cuando se aplicó la metodología think aloud, se observó que los gestos para las rotaciones aún seguían un poco complejos de realizar y sugirió la revisión de un botón en donde no se detectaba de forma eficiente el cursor controlado por el Kinect.

En cuanto a la evaluación posterior, después de utilizar el videojuego, se observó que el usuario construyó conocimiento nuevo al ser capaz de relacionar el modelo matemático con su correspondiente gráfica, aunque falló en cuatro respuestas de trece (tabla 7), pero se identificó que no acertó en las ecuaciones que comparte un modelo matemático parecido solo diferenciado por

sus signos, lo cual comprueba nuevamente que se logró adquirir un conocimiento aceptable, considerado como positivo para la investigación.

Análisis de los datos

En esta primera evaluación al videojuego como tal y tomando en cuenta la información proporcionada por los tres usuarios, se pudo observar que la adquisición del conocimiento no depende de las características de los usuario, ya que se observó que tanto el estudiante de alto nivel académico contestó el examen de forma satisfactoria, y los alumnos de nivel intermedio y bajo también lograron aprobar el examen post videojuego de forma satisfactoria, no con la misma exactitud que el estudiante de alto nivel académico, pero logrando un puntaje intermedio, como se aprecia en la tabla 6.

Tabla 5 Resultados obtenidos por los usuarios en la evaluación final

| Estudiante | Cantidad de reactivos acertados |
|------------|---------------------------------|
| Bajo | 7/13 |
| Intermedio | 8/13 |
| Alto | 13/13 |

En la tabla 6 se muestran los resultados obtenidos por los usuarios en la aplicación de la prueba post utilizar el videojuego.

Cabe destacar que antes de iniciar con la sesión del videojuego, ninguno de los tres estudiantes tenía conocimiento de las superficies cuadráticas y después de utilizar el videojuego todos los alumnos lograron prender, a distintos niveles de comprensión. Esto se sustenta basándose en los exámenes realizados después de haber utilizado el videojuego y que demostró que los jugadores lograron aprender el concepto básico de las superficies cuadráticas, al comprender la relación que existe entre el modelo matemático de una superficie cuadrática y su grafica en el

espacio tridimensional, ya que con esto el jugador se encuentra transitando entre dos registros de un mismo concepto como lo fundamenta Duval (2006).

Las observaciones factibles proporcionadas por los usuarios fueron tomadas en cuenta para el siguiente prototipo. Se mejoró la interfaz gráfica en consideración a lo sugerido por los usuarios, el tiempo entre preguntas se aumentó, el gesto para modificar el crecimiento en el eje de las z fue reprogramado, así como los gestos de rotación. Además, se incluyó un tutorial más extenso y con una explicación más detallada, también se implementaron los gestos para hacer girar la perspectiva de la cámara alrededor de los ejes de la superficie cuadrática y poderla apreciar desde todos sus ángulos.

En cuanto a la evaluación posterior, después de utilizar el videojuego, se observó que el usuario construyó conocimiento nuevo al ser capaz de relacionar el modelo matemático con su correspondiente gráfica, aunque falló en cuatro respuestas de trece (tabla 7), pero se identificó que no acertó en las ecuaciones que comparte un modelo matemático parecido solo diferenciado por sus signos, lo cual comprueba nuevamente que se logró adquirir un conocimiento aceptable, considerado como positivo para la investigación.

Tabla 6 Resultados de la evaluación final del software

| Estudiante | Cantidad de reactivos acertados |
|-----------------|---------------------------------|
| Primer semestre | 13/13 |
| Noveno semestre | 9/13 |

En la tabla 7, se muestran los resultados obtenidos por los usuarios en la aplicación de la prueba post utilizar el videojuego en la última evaluación del software.

Se observó que la adquisición del conocimiento no está sujeta a las características del usuario, ya que el nivel de conocimiento entre estos dos estudiantes fue distante y a pesar de eso

ambos estudiantes mostraron una adquisición de conocimientos de acuerdo a los planteamientos en la teoría de Duval (1999). Se podría inferir que ésta diferencia solo fue dada por su capacidad de entendimiento y habilidad para aprender un nuevo concepto, además de que el alumno de primer semestre demostró un excepcional aprendizaje en contraste con el alumno de último semestre ya había cursado materias referentes al tema, y que probablemente pueda ser un estudio futuro observar las construcción de conceptos matemáticos con estas nuevas tecnologías, sin una intervención previa con el método tradicional en donde se encuentra un maestro explicando en un pizarrón.

Resultados

Utilidad

De acuerdo con los datos recolectados, se observó que la propuesta promueve aprendizaje, ya que los puntajes obtenidos por los jugadores y los resultados de la evaluación escrita dan cuenta de ello. Uno de los logros más importantes obtenido en el trabajo de campo fue que los estudiantes comprendieron los cambios que surgen en el modelo matemático cuando cambia de orientación la gráfica de la superficie. Los usuarios fueron capaces de aprender dos registros de representación del mismo concepto, al establecer la relación entre estos dos registros. Esto se observó cuando los dos registros fueron manipulados a la vez y el usuario se pudo percatar de los cambios en tiempo real, por lo que se puede afirmar que se lograron adquirir un aprendizaje, ya que como lo menciona Duval (2006) cuando un sujeto logra transitar de un registro de representación a otro de un mismo concepto, el sujeto ha adquirido un dominio sobre este.

Hasta la etapa en la que se presenta el videojuego, se logran satisfactoriamente resultados positivos respecto a la adquisición de conocimientos por parte del usuario.

Facilidad de uso

Respecto a la interacción del usuario con el ambiente desarrollado, se observó que los estudiantes no presentaron dificultades al visualizar modelos tridimensionales dentro de un mundo virtual, ya que cuando se realizó la evaluación de cada etapa de diseño y después, cuando fue evaluada la versión beta del videojuego, el ambiente no causó molestia alguna como mareo o algún inconveniente e inclusive al manipular, rotar o mover la cámara del videojuego.

Por otro lado, el ambiente inmersivo mediante gestos por medio del sensor Kinect, motivó a algunos jugadores a estudiar los conceptos tratados, siendo más grata la experiencia de aprendizaje respecto a simplemente interactuar con el ratón y el teclado. Esto resultó algo controversial, ya que algunos usuarios, que habían tenido alguna relación con los sensores o controles parecidos al Kinect les parecía agradable el poder controlar la aplicación desde el Kinect, mientras que otros usuarios que no habían tenido alguna relación con este tipo de interfaces se les dificultaba la interacción con el Kinect y preferían por su parte el controlar la aplicación de manera más convencional con el teclado y el ratón. Sin embargo, cuando interactuaron con el videojuego, se demostró que los alumnos son capaces de comprender la relación que existe entre los parámetros del modelo matemático y como al ser cambiados se ve afectado su modelo tridimensional, al margen de la interfaz.

Capítulo 5 Conclusiones y trabajo futuro

Contribuciones

Las contribuciones principales de la presente tesis son las siguientes:

- Un simulador virtual para enseñar los fundamentos teóricos de los conceptos que introducen al estudio de superficies cuadráticas.

- Un videojuego basado en la realidad virtual inmersiva para desarrollar las habilidades de visualización y caracterización de objetos matemáticos en R^3 tanto en representación geométrica como algebraica.

Limitaciones

Lo que el software hace es promover habilidades y conocimientos sobre las superficies cuadráticas y la relación entre su gráfica y su modelo matemático, pero no resuelve la apropiación de otros conceptos importantes dentro del cálculo vectorial como lo es la graficación de cualquier superficie.

El videojuego cuenta con un sistema que evalúa el desempeño del usuario, le informa su desempeño dentro de la partida, y su nivel actual en comparación con otros jugadores, sin embargo, no cuenta con la generación de reportes, que le indique en cuales superficies debe de enfocarse para mejorar.

Trabajo Futuro

se tiene presente que su funcionalidad se deberá ampliar y redireccionar hacia fines más didácticos, por ejemplo, incorporar todas las lecciones referentes a las superficies cuadráticas y también proporcionar un reporte de las fallas que tenga el usuario en el proceso de aprendizaje, y que el mismo videojuego haga sugerencias respecto a los puntos conceptuales que debe estudiar más a fondo el usuario

Se concluye que es necesario seguir evaluando y enriqueciendo el videojuego en escenarios en donde participen más estudiantes para evaluar su impacto en el aprendizaje de las superficies cuadráticas. Se sugiere también realizar un estudio con más jugadores siguiendo la metodología centrada en el usuario, la cual fue satisfactorio que el videojuego se diseñara en base a las

necesidades de los usuarios, ya que dada la naturaleza del software resulta muy difícil el diseñar un videojuego que promueva el aprendizaje sin ser considerado el usuario final.

Además, cuando el diseñador de ambientes se acerca a las necesidades del usuario, desarrolla un ambiente que atienda a los diferentes estilos de aprendizaje y necesidades y podrá considerar qué instrumentos incorporar, ya que no a todos les favorecen las mismas tecnologías como lo inmersivo, por ejemplo. Esto se debe a que fue evidente que para algunos usuarios, que no habían tenido contacto con tecnologías de tipo inmersivo, resultaba un complicado iniciar la interacción para la adquisición del conocimiento. Quizás si en un futuro se pretende aplicar un videojuego para promover el aprendizaje a nivel masivo, sería más factible utilizar una interfaz más común para los usuarios en vez de buscar una más natural, pero eso sí la realidad virtual es una herramienta de gran importancia al explicar conceptos en el espacio euclidiano tridimensional, ya que permitió que los usuarios visualizaran todos los cambios en tiempo real, algo que resulta imposible para un docente en un pizarrón.

Capítulo 6 Referencias bibliográficas

[Página Oficial Game Maker]. (s.f). n/a. febrero 8, 2017, de YOYO Games.org Sitio web:
<https://www.yoyogames.com/get>

[Página oficial Unreal Engine]. (s.f). n/a. febrero 8, 2017, de Epic Games inc. Sitio web:
<https://www.unrealengine.com/en-US/what-is-unreal-engine-4>

Ávila M., Bianchetti M. & González A. (2017, diciembre). USO DEL MÉTODO "THINK ALOUD" EN LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA. *Pistas Educativas*, 39, pp. 26-38. 2018, junio 11, De REDIB Base de datos.

Baez J. & Pérez de T. (2009). *Investigación Cualitativa*. España: ESIC EDITORIAL p. 24.

blender Game Creation. (s.f). Game Creation. febrero 7, 2017, de blender.org Sitio web: <https://www.blender.org/features/game-creation/>

Callejo M. (2006). Un tema crucial en la educación matemática: La habilidad para cambiar el registro de representación. mayo 7, 2017, de LA GASETA DE LA RSME Sitio web: <http://cmapspublic.ihmc.us/rid=1JM80JJ72-G9RGZN-2CG/La%20habilidad%20para%20cambiar%20el%20registro%20de%20representaci%C3%B3n.pdf>

De Antonio, A., Villalobos, M. & Luna, E. (2000, abril). Cuándo y Cómo usar la Realidad Virtual en la Enseñanza. *IE Comunicaciones: Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, N°. 16, 26-35. 2018, septiembre 18, De Dialnet Base de datos.

Duval, R. (1993) Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de Didactique et de Science Cognitives* 5(1993), 37-65.

Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine: Registres sémiotiques et apprentissage intellectuels*. Peter Lang.

Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1980). *Verbal Reports as Data*.

Flore J. A., Camarena P. & Avalos E. (2014). Oportunidades de integración de la realidad virtual al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería eléctrica. *Revista Internacional de Aprendizaje en Ciencia, Matemáticas y Tecnología*, 1, pp. 1-14.

Guerrero Cuevas, Belén; Valero Aguayo, Luis; (2013). Efectos secundarios tras el uso de realidad virtual inmersiva en un videojuego. *International Journal of Psychology and Psychological Therapy*, junio-Sin mes, 163-178.

Hernández A., Cervantes J., Ordoñez J. & García M. (2017). TEORIA DE REGISTROS DE REPRESENTACIONES SEMIÓTICA. agosto 22, 2018, de Universidad Autónoma de Guerrero Sitio web: https://www.researchgate.net/publication/315814323_TEORIA_DE_REGISTROS_DE_REPRESENTACIONES_SEMIOTICA

K. E. Kendall & J. E. Kendall. (2011). *Análisis y Diseño de Sistemas*. Naucalpan de Juárez, Estado de México: PEARSON EDUCACIÓN.

Kapp, K. M. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. Pennsylvania: Pfeiffer.

Kevin, & Hunter. (2012). Why Can't Business Fun? En K. Werbach, & D. Hunter, *HOW GAME THINKING CAN REVOLUTIONIZE YOUR BUSINESS* (pág. 21). Philadelphia: Wharton Digital Press.

Lino J. (2016, abril 15). Secuencias didácticas con realidad virtual: En el área de geometría en educación básica. *f@ro*, 1, pp. 1-26.

López, C. (2016, septiembre). El videojuego como herramienta educativa. Posibilidades y problemáticas acerca de los serious games. *Apertura, Revista de Innovación Educativa*, Vol. 8, pp. 2-10.

Marcano, B. (2008, noviembre). JUEGOS SERIOS Y ENTRENAMIENTO EN LA SOCIEDAD DIGITAL. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 9, pp. 93-107.

McGonigal, J. (2011). Libro *Gaming promotora*. En *Reality Is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World* (págs. 12-13). New York: Penguin Random House LLC.

Ponce J., Oronia Z., Silva A., Muños J., Ornelas F. & Alvares F. (2014). 481 incremento del Interés de Alumnos en Educación Básica en los Objetos de Aprendizaje Usando Realidad Aumentada en las Matemáticas. noviembre 14, 2016, de LACLO Sitio web: <http://laclo.org/papers/index.php/laclo/article/viewFile/268/250>

Ponce J., Oronia Z., Silva A., Muños J., Ornelas F. & Álvarez F. (2014). Incremento del interés de Alumnos en Educación Básica en los Objetos de Aprendizaje Usando Realidad Aumentada en las Matemáticas, IX Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje. *Psychological Review*, 87(3), 215-251.

Rico, L. (2006). Marco teórico de evaluación en PISA sobre matemáticas y resolución de problemas. *Revista de educación*, (1), 275-294.

Rodríguez T. & Baños M. (2011, marzo 11). E-LEARNING EN MUNDOS VIRTUALES 3D Una experiencia educativa en Second Life. *ICONO* 14, 2, pp 40-56.

Rodríguez, G. Gil, J. y García, E. (1999). *Metodología de la investigación cualitativa*. España: Ediciones Aljibe.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). La Teoría de la Autodeterminación y la Facilitación de la. *the American Psychological Association*, 2-5.

Stewar, J. (2008) Calculo de variables trasendentes tempranas. Cengage Learning Editores

Tecnológico Nacional de México. (s.f.). Breve Historia de los Institutos Tecnológicos.
octubre 17, 2016, de Tecnológico Nacional de México Sitio web:
<https://www.tecnm.mx/informacion/sistema-nacional-de-educacion-superior-tecnologica>

Teixes, F. (2015). Gamificacion: fundamentos y aplicaciones. Barcelona: Editorial UOC.

Unity. (s.f). Imagina, compila y obtén el éxito que deseas con Unity. febrero 9, 2017, de Unity Technologies Sitio web: <https://unity3d.com/es>

Vallejo D. & Cleto M. (2015). Desarrollo de Videojuegos: Un Enfoque Práctico. Castilla-La Mancha: Amazon.com.

Zapata O. (2005). Tesis e Investigaciones socioeducativas. México: Editorial Pax México p. 187

Real Academia Española. (2014). juego. noviembre 23, 2016, de Real Academia Española Sitio web: <http://dle.rae.es/?id=MaS6XPk>