

MODALIDAD DE OPCIÓN DE GRADO
IMPLEMENTACIÓN DE UN SIMULADOR GEOMÁTICO DE REALIDAD
AUMENTADA – GEOSIMULADOR



Por:

JUAN NICOLÁS VERA HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2021

**MODALIDAD DE OPCIÓN DE GRADO
IMPLEMENTACIÓN DE UN SIMULADOR GEOMÁTICO DE REALIDAD
AUMENTADA – GEOSIMULADOR**

Por:

JUAN NICOLÁS VERA HERNÁNDEZ

Documento final presentado como opción de grado para optar al título profesional de
ingeniero civil

Aprobado por:

Ing. Joe Alexander Martínez, M.S.

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2021**

AUTORIDADES ACADÉMICAS

P. José Gabriel MESA ANGULO, O.P.

Rector General

P. Eduardo GONZÁLEZ GIL, O.P.

Vicerrector Académico General

P. José Antonio BALAGUERA, O.P.

Rector Sede Villavicencio

P. Rodrigo GARCÍA JARA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Mg. JULIETH ANDREA SIERRA TABÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

Ing. MANUEL EDUARDO HERRERA PABÓN

Decano Facultad de Ingeniería Civil

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	7
2.	JUSTIFICACIÓN	9
3.	OBJETIVOS	12
3.1	Objetivo general	12
3.2	Objetivos específicos.....	12
4.	ALCANCE.....	13
5.	MARCO DE REFERENCIA.....	15
5.1	Marco teórico	15
5.2	Marco conceptual	18
5.3	Antecedentes	19
5.4	Estado de Arte	21
6.	METODOLOGÍA.....	25
7.	DESCRIPCIÓN DEL MONTAJE.....	26
7.1	Componentes físicos necesarios.....	26
7.2	Componentes informáticos necesarios	30
7.3	Integración del Sistema, configuración y calibración	34
7.4	Poner en marcha el geosimulador	40
8.	POBLACIÓN Y MUESTRAS	42
9.	METODOLOGÍA DEL TALLER CON ESTUDIANTES BACHILLER DE GRADO 11	46
9.1	Posibilidades técnicas y utilidad académica.....	46
10.	SÍNTESIS DE LOS TALLERES PROPUESTOS	47
10.1	Estudio de topografía y relieve visualizados en realidad aumentada (Anexo) 47	
10.2	Estudio de diseño geométrico de vías en realidad aumentada (anexo)	47
11.	RESULTADOS E IMPACTOS ESPERADOS	49
10.3	Resultados esperados.....	49
10.4	Impactos	49
13.	CONCLUSIONES	50
	REFERENCIAS	51

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Antecedentes.....	20
Tabla 2. Estado de Arte	22
Tabla 3 Valor de los recursos operativos del geosimulador	26
Tabla 4 Tabla de resultados	49
Tabla 5 Impactos	49

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema de vista en planta del geosimulador	13
Ilustración 2 Mapa de ubicación de AR Sandbox en Colombia registradas.	24
Ilustración 3 Montaje del geosimulador(1)	27
Ilustración 4. Esquema del montaje físico del geosimulador (vista corte y planta)	28
Ilustración 5. Montaje del geosimulador (2)	28
Ilustración 6. Montaje del geosimulador (3)	29
Ilustración 7. Montaje del geosimulador (4)	30
Ilustración 8 Proceso “Extract Planes”	35
Ilustración 9 Herramienta de calibración.....	39
Ilustración 10 Proceso de calibración de la cámara y proyector	40
Ilustración 11 Proceso de calibración de la cámara y el proyector.	40
Ilustración 12 Geosimulador en ejecución.	41
Ilustración 13 Pregunta 1 de la encuesta realizada a docentes	43
Ilustración 14 Pregunta 2 de la encuesta realizada a docentes	43
Ilustración 15 Pregunta 3 de la encuesta realizada a docentes	44
Ilustración 16 Pregunta 4 de la encuesta realizada a docentes	45

1. INTRODUCCIÓN

La investigación, la innovación, los avances y las nuevas tecnologías, generan cambios y en los procesos de enseñanza – aprendizaje de manera constante; la revolución tecnológica, en la sociedad de la información, representa el inicio de los cambios culturales a nivel global. La tecnología y los medios componen un verdadero ecosistema cultural y simbólico, en los que se integran diferentes códigos y lenguajes, ampliando el espectro del conocimiento a las personas que la utilizan. (Olivar & Daza, 2007).

A principios de los años 1990 la tecnología basada en: Ordenadores de procesamiento rápido, técnicas de renderizado de gráficos en tiempo real, y sistemas de seguimiento de precisión portables, permiten implementar la combinación de imágenes generadas por el ordenador sobre la visión del mundo real que tiene el usuario, a esto se le denominó realidad aumentada, y tuvo aplicación en procesos empresariales y en diferentes sectores de desarrollo, siendo útiles porque disponen de una gran cantidad de información que están asociadas a objetos del mundo real, y la realidad aumentada se presenta como el medio que une y combina dicha información con los objetos del mundo real. Así, muchos de los diseños que realizan los arquitectos, ingenieros, diseñadores pueden ser visualizados en el mismo lugar físico del mundo real para donde han sido diseñados. (Basogain, Olabe, Espinosa, & et al, 2006)

Por ello la adaptación de la realidad aumentada ha sido un objetivo de los sectores de entretenimiento, debido a la peculiar disposición de la información digital; estos métodos pueden ser adaptados a otros campos sociales y educativos del ser humano, para generar una disposición de información más interactiva y llamativa para las mentes curiosas de las nuevas generaciones.

Las plataformas que son monótonas o tienden a no sobresaltar de lo cotidiano obstaculizan la calidad de información en detrimento de la educación en diferentes espacios académicos. Existen dispositivos que permiten integrar un espacio virtual y un espacio físico tangible, los cuales asocian la interacción de usuarios con un esparcimiento de información digital nuevo. Debido a ello, implementar dispositivos y metodologías nuevas y modernas para la exposición de información.

Por lo anterior resulta pertinente adelantar esta investigación para el diseño e

implementación de nuevas estrategias didácticas basadas en tecnología de punta, relacionadas con la realidad aumentada con el fin de mejorar el proceso de enseñanza en los estudiantes de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio

“La caja de arena de realidad aumentada permite a los usuarios crear modelos topográficos modelando la arena, que luego se aumenta en el tiempo real mediante un mapa de color de elevación y curvas de nivel simuladas”. (Gómez Ortega, 2017)

2. JUSTIFICACIÓN

Es importante reconocer que las TICs y sus implicaciones (redes sociales, videojuegos, teléfonos inteligentes, televisión digital y servicios web) generan en los jóvenes nuevas formas de contactarse, informarse, interactuar, divertirse y aprender, además que es innegable que la generación de estudiantes que se educa hoy crece de la mano del computador y el celular, por tanto es habitual el uso de programas para desarrollar todas sus actividades, estas nuevas costumbres podrían facilitar el aprendizaje soportado por computadora (Giraldo, Toro, & Jaramillo, 2013) (Marulanda & Giraldo, 2014). Se debe subrayar que estos cambios se producen en todas las esferas de desarrollo, porque la tecnología tiene múltiples aplicaciones, para esta investigación se considera su incidencia en el sector educativo, específicamente en el proceso de enseñanza – aprendizaje.

Ante esta realidad que ha producido el desarrollo tecnológico a nivel global, en Colombia la alianza entre diferentes entidades como COLCIENCIAS, MEN y MINTIC, ha permitido generar proyectos para propiciar la incorporación de las TIC, en los contextos educativos, y ha venido evolucionando en los últimos años; esto ha sido una fortaleza y un apoyo para el sistema educativo, debido a que afecta los procesos de aprendizaje y genera dinámicas diferentes en beneficio de la calidad de la educación en las distintas modalidades. (Praxis y saber, 2016).

Los jóvenes como nativos digitales, nacieron en la era digital como usuarios permanentes de las TICs con una habilidad consumada, son tecnófilos, dado que con las tecnologías digitales satisfacen sus necesidades de entretenimiento, socialización, diversión, comunicación, interacción e información y como reto de formación (García et al., 2006). Estos nuevos usuarios enfocan su vida, al aprendizaje y los juegos de nuevas formas, captan rápidamente la información multimedia de imágenes y videos, por encima de los textos; son capaces de acceder a datos simultáneamente de múltiples fuentes y esperan respuestas inmediatas (Marulanda & Giraldo, 2014)

El drástico impacto de la información tecnológica, la globalización y el crecimiento

Vertiginoso de las economías ha generado preocupación por la eficiencia económica en el marco de la política educativa, que hace hincapié en el desarrollo de inteligencias múltiples de los estudiantes en el aula de clase. Como resultado, los estudiantes aprenden, representan y utilizan el saber de diferentes modos y con una variedad de medios para resolver problemas y transformar la educación. (Del Vasto, 2014).

En este nuevo escenario, en el que las TIC están presentes en las aulas, en los hogares y en la sociedad en general, emergen nuevos modelos de aprendizaje en el alumnado de la nueva era, en el ámbito educativo se puede aprovechar las múltiples posibilidades didácticas y formativas que nos ofrecen estas herramientas digitales. Éstas nos permiten aplicar metodologías más activas, flexibles y dinámicas acordes con un nuevo planteamiento educativo en el que se le da prioridad al proceso de aprendizaje sobre el de enseñanza bajo un paradigma constructivista, asumiendo nuevos roles el profesorado y el alumnado (Martínez, Leiva, & Moreno, 2015)

La realidad aumentada puede aplicarse en diferentes carreras, en el caso de ingeniería civil las metodologías comúnmente empleadas se basan en el estudio de representaciones en dos dimensiones, bien sea planos impresos o visualizaciones en aplicaciones de dibujo asistido por computadora, y su interpretación en tres dimensiones. Estas metodologías presentan dos problemas didácticos: el primero, los instrumentos de enseñanza son reducidos a dibujos en pizarra o papel; y segundo, el tiempo es limitado para la explicación del tema. Por otro lado, el desarrollo de capacidades espaciales es precaria en los estudiantes, ya que no tienen experiencia de campo (obra) y tienen carencia de interpretación y visualización, requisitos indispensables para la transferencia de plano 2D a estructura real 3D. (Castillo, 2021)

Esta herramienta (RA) ofrece la posibilidad de interactuar en tiempo real con los cambios que se presentan a cada instante en la realidad, permite visualizar fenómenos no perceptibles y comparar un objeto o fenómeno desde diferentes perspectivas. Esto lo pueden experimentar los estudiantes en el aula de clases. (Bernal Zamora, 2017)

La realidad aumentada permite visualizar e interpretar de manera simultánea los fenómenos

físicos y la imagen virtual que proporciona datos informáticos, provenientes del mundo físico. Por lo anterior se considera pertinente investigar sobre la implementación de estrategias didácticas basadas en tecnologías de punta, relacionadas con la realidad aumentada con el fin de mejorar el proceso de enseñanza para los estudiantes de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio.

Esta investigación propone profundizar en este concepto, (RA), para determinar la viabilidad de implementar un sistema funcional el cual genere una simulación Geomántica en realidad aumentada, que permita enseñar conceptos como lectura de curvas de nivel, cuencas hidrográficas, diseño de curvas verticales y horizontales, áreas de captación, etc.

Para esta investigación se plantea la implementación de una herramienta tecnológica como la Sandbox, que va ligada a metodologías clásicas de enseñanza, permitiendo el mayor entendimiento de en la clase, de temas como: Topografía, hidrologías, diseño geométrico de vías, entre otras aplicaciones. (Sural, 2018)

Los docentes y estudiantes podrán experimentar nuevas metodologías en el proceso enseñanza- aprendizaje, con esta nueva estrategia didáctica podría aumentar el interés de los alumnos y producir mejores resultados de aprendizaje, que es el objetivo del proceso de enseñanza.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Implementar una estrategia didáctica con la aplicación de la realidad aumentada, por medio de un geosimulador, dirigido a los estudiantes de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio.

3.2 Objetivos específicos

- Lograr una representación visual de conceptos y temas a partir del manejo de una herramienta nueva como el geosimulador.
- Diseñar una estrategia didáctica basada en un geosimulador, para los estudiantes de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio.
- Realizar un taller, aplicando la estrategia pedagógica, con base en realidad aumentada, a los estudiantes de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, que utilicen como herramienta principal el Geosimulador
- Evaluar los resultados obtenidos en el taller realizado aplicando la estrategia pedagógica basada en realidad aumentada, a los estudiantes de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio.

4. ALCANCE

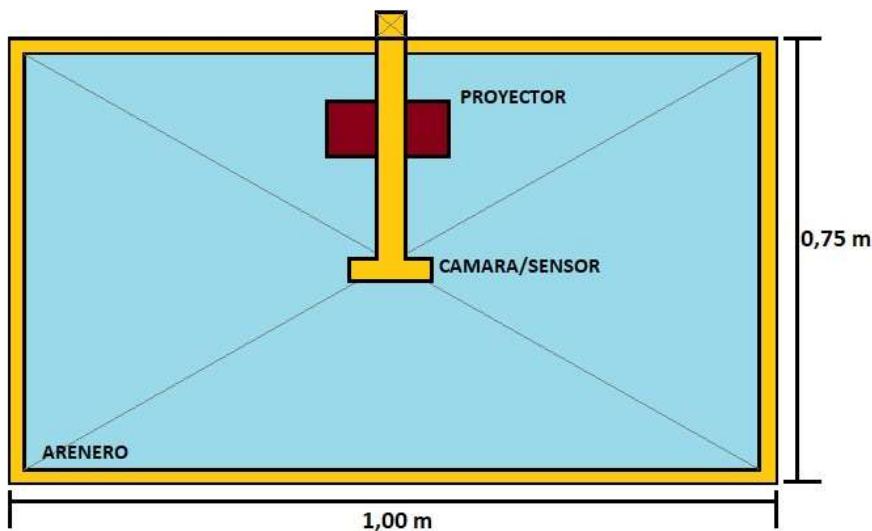
Este proyecto tiene como fin contribuir en mejorar el proceso de enseñanza en la Universidad Santo Tomás, a través de la implementación de nuevas estrategias y herramientas didácticas, en beneficio de la facultad de ingeniería civil.

Por estar basado en desarrollos tecnológicos, su implementación se puede extender a toda la comunidad académica en la universidad Santo Tomas de Villavicencio, todas las ramas que manejen temas relacionados con las ciencias del agua, la tierra y la geodesia.

El sistema está conformado por una estructura básica compuesto por: una caja de arena a una altura promedio que permita la visualización e interacción en las actividades estando de pie, una ficha técnica la cual se indica las características del software y su manejo, y un taller de laboratorio que permite el uso del geosimulador, para ser utilizado en clases de ingeniería civil.

La superficie de donde se soporta el sandbox (mesa), tiene medidas especiales, como se muestra en la figura 1, esto para permitir el uso de todos los equipos y materiales de apoyo para la realización del taller.

Ilustración 1. Esquema de vista en planta del geosimulador



Las medidas de la caja son sugerencias, estas se deben a que la relación 4:3 es proporcionada por la cámara/sensor Kinect. Unas medidas más pequeñas permiten que el sistema sea transportado con mayor facilidad, y unas medidas mayores permiten una mayor cantidad de personas que pueden interactuar con el sistema.

Fuente: propia

Para la implementación de la herramienta metodológica se realizará en un espacio teórico – práctica donde se ha escogido la temática de topografía y geomorfología, haciendo énfasis en los diferentes tipos de relieve en un terreno, la identificación de dichos relieves dentro de un plano topográfico y el conocimiento para realizar dichos mapas a través de la simulación de recolección de datos de campo, en el equipo.

Para la realización la actividad practica se deben configurar los equipos, continuando con la exposición teórica de conceptos, seguidamente se formulan preguntas sobre lo expuesto y se realiza un registro cualitativo de las respuestas: calidad de las respuestas, interés en participar y atención a la clase. Posteriormente se hace una presentación detallada del geosimulador, se realiza la aplicación de los conceptos con la herramienta de realidad aumentada, donde los estudiantes podrán interactuar en tiempo real, con los cambios de relieve que se presenten en la caja de arena.

El taller tiene por objeto la asimilación visual de conceptos y temas a partir del manejo de una herramienta nueva como el geosimulador, que resulta útil para impartir conocimientos, la cual debe ser usada de manera programada con un fin establecido. El taller de laboratorio precisa objetivar el geosimulador y sus ventajas al ámbito de la educación de nuevos ingenieros, específicamente a ingenieros civiles de la universidad Santo Tomas.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1 Marco teórico

Las universidades tienen como función la formación de profesionales y ser centros de investigación, las metodologías utilizadas allí tienen un rango amplio para llevar el conocimiento a aquellas personas que se ven involucradas en estos procesos. Se pueden ofrecer conocimientos racionales en las aulas de clase y conocimientos empíricos en los laboratorios y salidas académicas a puntos estratégicos. Los laboratorios en una universidad son fundamentales para fortalecer el proceso enseñanza – aprendizaje, contribuyen a la formación integral de los estudiantes. La modernización de los laboratorios juega un papel muy importante, para el desarrollo de actividades académicas de manera eficaz.

Por consiguiente, adaptar estrategias pedagógicas y nuevas herramientas didácticas es indispensable para elevar los estándares de calidad en procesos de educación e investigación.

Con la estrategia pedagógica aplicando la realidad aumentada, se realiza un aporte importante en el proceso de enseñanza, esta estrategia actualmente se emplea en diversidad de campos tales como la publicidad, entretenimiento, juegos, redes sociales, arte, marketing y ventas, navegación, entre otros. (Greg Kipper, 2012) Esta tecnología debe caracterizarse por la integración de información digital de imágenes, videos y audios al mundo real, lo cual permite al usuario interactuar con los objetos en el plano físico y el digital. (Larry Johnson, 2016)

La realidad aumentada se puede definir como una forma de proyección de información en la cual la pantalla del usuario es transparente y sin restricción, otorgándole una vista clara del mundo real. (Hsin-Kai Wu, 2013) La realidad aumentada produce una combinación de mundos reales y virtuales, una interacción en tiempo real y un registro 3D (tres dimensiones) de objetos reales y virtuales. La realidad aumentada proporciona a los usuarios experiencias inmersivas mediadas por la tecnología, aumentando las interacciones y el compromiso de la relación usuario interface.

Puede considerarse una de las opciones con mayor proyección en muchos aspectos de la vida moderna, desde exposición llamativa de información, interacción con el usuario, e incluso mejoramiento de la motivación y atención. Hoy en día la vida de las personas está

más ligada a la tecnología de lo que se percibe; los avances tecnológicos permiten que el ser humano mantenga consigo dispositivos computacionales que les ayudan a mejorar el manejo de actividades del día a día, actividades de ocio, actividades laborales y actividades académicas.

“Los sistemas de realidad aumentada pueden adaptarse a diversos tipos de dispositivos innovadores (ej. Celulares, computadoras, tabletas, tecnologías de inmersión)”. (Hsin-Kai Wu, 2013) La disponibilidad de instrumentos en los que se puede instalar la RA (realidad aumentada), genera un mayor alcance y reduce la dificultad de implementar en diversos campos académicos su uso. En un estudio realizado en la Facultad de Informática de la Universidad de La Coruña, mostro que las ventajas del uso de RA por parte de los docentes originarían un alza en la motivación del alumno, desarrollo del aprendizaje en contextos reales, el poder percibir un objeto desde diferentes puntos de vista y la mejora de la acción formativa. (Carlos Rivadulla, 2020).

En un estudio relizado donde se aplica realidad aumentada, (Lendínez, 2017), menciona lo siguiente:

Un simulador geomático busca representar y modelar la información geomática en un espacio manipulable y transformable en tiempo real, esta representación debe mostrarse detallada y objetiva. La información debe ser recogida, gestionada, analizada, almacenada y difundida. La información puede ser de diferentes áreas del conocimiento como la cartografía, geo información, SIG (sistemas de información geográfica), Geodesia, teledetección, el catastro, la topografía, fotogrametría, entre muchos otros.

La geomática ya trae consigo la integración y aplicación de tecnologías de información y comunicación, se puede dar un paso adelante y unir con conceptos que ya se venían tratando, al juntarlo con la tecnología de RA y aplicarlo al campo de la educación; Podemos darle forma a nuevas integraciones y metodologías para expandir el conocimiento del cuerpo estudiantil de carreras como ingeniería civil, ingeniería ambiental y arquitectura. La RA puede jugar un papel importante como una ayuda complementaria a conocimientos fundamentales en el desarrollo del estudiante. (Hsin-Kai Wu, 2013).

Esto se consigue a partir de la integración de diversos dispositivos tecnológicos que trabajan en conjunto con un programa de software, el cual es el encargado de obtener

información del ambiente, y devolver información digital, con una apariencia sofisticada y llamativa. El software utilizado es de libre utilización al público, el cual fue desarrollado por la colaboración de la UC Davis (Universidad de California Davis por sus siglas en ingles), W.M. Keck Centro de Visualización Activa en Ciencias de la Tierra, UC Davis Tahoe Centro de Investigación Ambiental, Lawrence Hall of Science y ECHO Lake Aquarium And Science Center. (Kreylos, 2019)

El software recibe fotogramas de una cámara Kinect los cuales pasan por un programa de evaluación estadística que sirve para detectar tres ocurrencias que son, objetos en movimiento, leer fotogramas de profundidad y completar datos faltantes en el flujo de profundidad. La superficie topográfica resultante proyecta los datos desde el punto de vista del proyector produciendo una sensación de que la topografía proyectada coincide exactamente con la topografía de la arena real. (Kreylos, 2019)

Por otra parte, el hardware utilizado para complementar el proyecto consta de un proyector, una cámara Kinect de Xbox, cable de adaptación para el Kinect, computador que maneje Intel Core i5 o i7 con al menos 3GHz, una tarjeta gráfica potente, como GeForce GTi 1060, para mejores simulaciones, arena blanca o arena cinética, además de una mesa que funciona de soporte al equipamiento. (Beals, 2017)

El resultado de la combinación entre el software y el hardware implementado dan como resultado una herramienta interactiva para la educación de las geo-ciencias. “uno de los desafíos en el aprendizaje de las ciencias de la tierra es visualizar procesos que ocurren en grandes escalas espaciales y temporales.” (Sarah Reed, 2016). los educadores pueden demostrar gran variedad de conceptos de forma interactiva, y no solo mostrar, también incentivar a la investigación y al trabajo en grupo de los estudiantes para recrear fenómenos como erosión, movimientos tectónicos, inundación y glaciación.

En conclusión, implementar un simulador geomático de realidad aumentada como herramienta institucional, representaría una mejora en el proceso de enseñanza - aprendizaje, en materias como geología, hidrología, topografía, geomática, diseño geométrico de vías, mecánica de fluidos, climatología, entre otras.

5.2 Marco conceptual

TIC, Tecnologías de la Información y de la Comunicación, Las TIC se desarrollan a partir de los avances científicos producidos en los ámbitos de la informática y las telecomunicaciones. Las TIC son el conjunto de tecnologías que permiten el acceso, producción, tratamiento y comunicación de información presentada en diferentes códigos (texto, imagen, sonido,). El elemento más representativo de las nuevas tecnologías es sin duda el ordenador y más específicamente, Internet. Como indican diferentes autores, Internet supone un salto cualitativo de gran magnitud, cambiando y redefiniendo los modos de conocer y relacionarse del hombre.

(Belloch, 2014)-

Geomática: es un término científico moderno que sirve para expresar la integración sistémica de técnicas y metodologías de adquisición, almacenamiento, procesamiento, análisis, presentación y distribución de información geográficamente referenciada. La Geomática tiene como objetivo representar y transformar la Tierra y sus componentes. (Da Silva, 2016)

Geoguesser: aplicación con carácter lúdico muy útil a nivel educativo, para ubicar y reconocer lugares en el mundo, saberlos identificar por las características del terreno, cómo viste la gente, el idioma en el que están escritos los carteles, las condiciones atmosféricas, accidentes geográficos, edificios, etc. (Martínez, Leiva, & Moreno, 2015)

Georreferenciación: “Es la técnica de posicionamiento espacial de una localización geográfica única y bien definida en un sistema de coordenadas. Es una operación habitual dentro de los sistemas de información geográfica (SIG, 2017) tanto para objetos ráster (imágenes de mapa de píxeles) como para objetos vectoriales (puntos, líneas, polilíneas y polígonos que representan objetos físicos). (Berón & Bohórquez, 2017).

Proceso enseñanza aprendizaje (PEA): En este proceso se deben conceptualizar tres grandes dimensiones: la educación, la enseñanza y el aprendizaje. La Educación tiene un sentido espiritual, moral y tiene como objeto la formación integral del individuo. Mediante la Enseñanza se transmiten conocimientos sobre una materia por medios diversos, que descansan sobre las teorías del proceso de aprendizaje. El Aprendizaje es el proceso por el cual una persona es entrenada para solucionar situaciones. En él influyen factores que

dependen del sujeto que aprende (inteligencia, motivación, entre otros) y los inherentes a las modalidades de presentación de los estímulos. El PEA debe orientarse a lograr el desarrollo de habilidades y estrategias para conducirse eficazmente ante cualquier tipo de situación de aprendizaje. (Torre & Domínguez, 2012)

Objetivo del PEA: Contribuir a la formación del estudiante, a través del cumplimiento de objetivos instructivos y educativos. (Torre & Domínguez, 2012)

Estrategia pedagógica. La concepción teórico-práctica de la dirección del proceso pedagógico durante la transformación del estado real al estado deseado, en la formación y el desarrollo de la personalidad, de los sujetos de la educación, que condiciona el sistema de acciones para alcanzar los objetivos, tanto en lo personal, lo grupal como en la institución escolar.

El proyecto se basa en ciencias como la geomática la cual tiene bases importantes en el uso de tecnologías innovadoras para la recopilación y procesamiento de datos geo referentes, vinculando un gran uso de las TIC para desarrollar y representar nuevas tecnologías, estas TIC ocupan un lugar importante en las prioridades de los procesos educativos debido a que contribuyen a mejores procesos de enseñanza y aprendizaje.

5.3 Antecedentes

El desarrollo de la realidad aumentada viene siendo diseñada y mejorada en un proceso constante, esto debido a que la realidad aumentada es una tecnología innovadora y llamativa que se ha venido impulsando en la última década, siendo complementada con el aumento de dispositivos tecnológicos móviles más potentes como los Smartphone o teléfonos inteligentes. Esto estaba centrado en aplicaciones de entretenimiento y enseñanza básica de modelación matemática de múltiples variables. Haciendo acopio de esta tecnología e implementándola a un espacio físico, UC Davis, logran montar lo que se conoce como una caja de arena de realidad aumentada. La implementación de estas tecnologías (realidad aumentada) empieza a ser ligada a métodos de enseñanza, evaluando su capacidad y efectividad.

Tabla 1 Antecedentes

TITULO	AÑO	AUTOR	ALCANCE
Experiencias de realidad aumentada (RA) en la formación del profesorado en la Universidad nacional abierta y a distancia UNAD de Colombia	2017	(Goyeneche, Plata, & et al, 2017)	Se presenta por tanto en el marco de una experiencia de formación de docentes de una institución de educación superior en Colombia, la reflexión acerca del fortalecimiento de estrategias de corte cognitivo y de desarrollo del pensamiento, a partir de la RA para potenciar didáctica y pedagógicamente prácticas desde el profesorado e impactar en investigación e innovación en la formación del estudiantado
Prototipo de una aplicación móvil con realidad aumentada para mostrar puntos de información y ubicación mediante el uso del navegador móvil junaio	2014	(Martelo & Manotas, 2014)	Muestra cada uno de los pasos necesarios para realizar un mundo de Realidad Aumentada (RA) a través del navegador Junaio, con el fin de proporcionar un sistema sencillo basado en tecnologías de Realidad Aumentada para dispositivos móviles, que permitirá a la comunidad académica de la Universidad Simón Bolívar obtener un servicio de ubicación sencillo y rápido, mostrando información de los lugares más destacados y los que se visitan con mayor frecuencia en cada una de las sedes de la Universidad. Cabe anotar que para realizar las pruebas del prototipo se utilizó un dispositivo móvil con sistema operativo Android.
En la búsqueda de facilitar la comprensión de conceptos matemáticos mediante la visualización	(2006)	Esteban, Trefftz, & Restrepo, (2006). (Buitrago, 2013)	Desarrollan una investigación, financiada por Colciencias, titulada “Estrategias de visualización en el cálculo de varias variables”. Este trabajo entrega los primeros resultados obtenidos en la investigación “Realidad Aumentada en la Enseñanza de la Matemática” en la que intervinieron dos grupos de alumnos,

Tabla 1. Continuación

Sistema De Realidad Aumentada Para Enseñanza De Geometría		Gustavo Alberto Rovel Ruiz (2012) (Buitrago, 2013)	En este trabajo se propone el diseño y la implementación de una herramienta que, usando técnicas de Realidad Aumentada, facilite la visualización y manipulación de modelos virtuales para el estudio de algunos conceptos geométricos en un curso de iniciación a la informática gráfica.
Sistema De Realidad Aumentada Para Apoyar La Enseñanza De Sólidos Básicos En Cálculo Vectorial		Guzmán, (2011), (Buitrago, 2013)	Esta investigación es desarrollada por de la Universidad Católica de Colombia, en donde se implementó la realidad aumentada como apoyo a la enseñanza de conceptos matemáticos Visio-espaciales, con el propósito de facilitar el desarrollo de habilidades en el cálculo de diversas variables, de forma didáctica, a través de la interacción con figuras geométricas.
Proyectos realizados por el alumnado del I.E.S Padre Piquer de Madrid		(Martínez, Leiva, & Moreno, 2015)	Haciendo uso de la plataforma de geolocalización Eduloc, con la cual han creado itinerarios y han geolocalizados lugares. Ejemplo: para geolocalizar parques, zonas verdes, edificios históricos, elementos arquitectónicos de Madrid. Más información:

Fuente: El Autor

5.4 Estado de Arte

Proyectos como este han sido implementados en universidades, centros educativos de alto nivel y museos, con el fin de demostrar el funcionamiento de ciertas ciencias geo basadas, algunos de los primeros conceptos usados fueron proyectos como “Project Mimicry” que tendía a funcionar como una plataforma multijugador en la cual el mundo del juego se moldeaba con arena verdadera, y poseía personajes virtuales. (Monobanda, 2011) Más adelante, grupos de investigadores checos de tecnologías innovadoras, que construyeron un simulador de terreno básico, este no contenía líneas de nivel. (Hrma, 2011)

Tabla 2. Estado de Arte

TITULO	AÑO	AUTOR	ALCANCE
Proyecto de QR codificación de las calles de Rubí	2011	http://qrcodificacionvocal3.blogspot.com.es , (Martínez, Leiva, & Moreno, 2015)	Basado en la generación de códigos QR de las URL de los blogs creados por los alumnos de primaria de los diferentes colegios de Rubí (España), que recogen información detallada acerca de las calles del municipio. Cuyo objetivo está orientado a favorecer al turista la localización e información de las calles de este municipio, haciendo uso de cualquier aplicación de lectura de códigos QR. Más información
Jugamos con la realidad aumentada	2012	experiencia desarrollada con alumnos de Educación Infantil del C.E.I.P Valdespartera (Zaragoza) http://valdesparteraescultura.blogspot.com/p/jugamos-con-la-realidad-aumentada.html	Experiencia desarrollada con alumnos de Educación Infantil del C.E.I.P Valdespartera (Zaragoza), en la cual haciendo uso de la galería de modelos tridimensionales de Sketchup han podido obtener el modelo en 3D de una de las esculturas más significativas de su barrio La Puerta de la Luz, para ello han empleado la aplicación online Bakia para la creación de entornos de RA utilizando la webcam y asignándole un marcador a dicho modelo 3D del monumento arquitectónico. De este modo, los alumnos han podido observar, analizar y apreciar la obra, desde varias perspectivas, ángulos y posiciones. Más información
Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional	2013	(De la Torre, Martín, Saorín, Carbonell, & Contero, 2013). (Buitrago, 2013)	Este trabajo analiza la posibilidad de utilizar la realidad aumentada y las tabletas digitales multitáctiles para manipular un modelo digital en tres dimensiones de forma similar a como se desarrollaría con un modelo físico. El objetivo de esta investigación es ofrecer un entorno de aprendizaje ubicuo para estimular la comprensión del espacio tridimensional.

Tabla 2. Continuación

Visita al museo CosmoCaixa con Realidad Aumentada	2013	Colegios de Barcelona como Regina Carmeli de Rubí http://aumenta.me/node/255	La visita consistió en introducir el tema de la evolución humana con el apoyo de la aplicación Aumentaty VSearch, a partir de la cual los alumnos podían visualizar un entorno muy rico y variado de elementos de estudio en relación con la temática.
gafas de realidad aumentada con las que pueden distinguir las células cancerígenas de las sanas	2013	Grupo de científicos de la Escuela de Medicina de la Universidad de Washington. http://laesalud.com/gafa-s-realidad-aumentadacirugias tumores	De este modo, existen experiencias de uso de esta tecnología de RA en las especialidades de medicina como es el caso de un grupo de científicos de la Escuela de Medicina de la Universidad de Washington, los cuales desarrollaron unas gafas de realidad aumentada con las que pueden distinguir las células cancerígenas de las sanas
Difusión de herramientas cartográficas digitales y colaborativas en el marco del proceso educativo en el ámbito universitario	2013	(Martínez, Leiva, & Moreno, 2015)	Dentro de este proyecto de innovación educativa, la investigadora Moreno, N.M., ha llevado a cabo en el curso académico 2013-2014 tres experiencias de cartografía digital haciendo uso de la herramienta Google Maps Engine para creación de mapas interactivos desde una perspectiva colaborativa y con un carácter formativo y práctico aplicada al ámbito de la Educación Superior en la Facultad de Ciencias de la Educación en las asignaturas: Desarrollo de Habilidades Lingüísticas del Grado en Educación Infantil; Educación Ambiental del Grado en Educación Social

Fuente: El Autor

Al respecto, Sarah Reed, (2016), citado por (Kreylos, 2019), menciona lo siguiente:

Su implementación también se ha llevado a cabo por el U.S. Geological Survey Cascades Volcano Observatorio, el cual ha usado el simulador para explorar como sucede el proceso de creación de volcanes, erupciones y comportamiento de lahars, y así hacer demostraciones y explicaciones a visitantes del centro de observación. (Hastings, 2015) Estudiantes de la división mayor de geología estructural de la UC

Davis, usan simuladores de RA para visualizar estructuras del terreno antes realizar visitas al lugar indicado.

En otros centros de enseñanza tambien utilizan estas herramientas, como lo menciona H. S. Jenkins, (2014), citado por (Wood, 2015), al respecto menciona:

También en universidades como ECU (Universidad de Carolina de este, por sus siglas en ingles) y la universidad de Redlands, instructores de geología emplean simuladores de RA en laboratorios de geología para ayudar a interpretar y entender a los estudiantes procesos geológicos y desastres naturales. Llevando a cabo enseñanzas de conceptos que estudiantes encuentran complejos y reduciendo las barreras espaciales que ayudan a estudiantes a desarrollar un instinto de entendimiento de temas topográficos y sus usos)

El SGC-OVS Pasto uno de los cinco sitios en Colombia que han implementado una AR Sandbox, junto con la Universidad del Valle en Cali, el IGAC y el Museo del Saber de la UNGRD en Bogotá; y la Universidad de San Buenaventura en Medellín. Contemplado de la siguiente forma:

Ilustración 2 Mapa de ubicación de AR Sandbox en Colombia registradas.



Fuente: <https://arsandbox.ucdavis.edu>

1. Servicio Geológico Colombiano
2. Universidad del Valle
3. Universidad San Buenaventura – Medellín
4. Instituto geográfico Agustín Codazzi
5. Museo del Saber En La Gestión del Riesgo De Desastres De Colombia

6. METODOLOGÍA

Este proyecto investigativo se aborda desde la perspectiva del estudio de un caso observado en estudiantes de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, se realiza mediante una metodología mixta, en la cual se realiza un proceso de observación donde se aplicarán valoraciones cualitativas; se analiza el comportamiento de los estudiantes de manera que permita definir el problema, y las variables estructurales, para posteriormente formular la hipótesis y objetivos. Tomando en consideración las variables, y el problema se lleva a cabo el desarrollo del proyecto en el cual se realizan una recopilación de datos a partir de encuestas de carácter exploratorio de su experiencia al interactuar con el sistema, generando datos que puedan ser interpretados y así sacando un resultado del proyecto con sus respectivas conclusiones. Esto definirá la línea de investigación, que permite profundizar en cada una de las variables, y finalmente organizar y analizar información, diseñar estrategias y formular recomendaciones. Se realizó una revisión bibliográfica, de artículos de revistas, artículos científicos, libros e investigaciones, con el fin de implementar una evaluación sistemática de tipo descriptivo, en la cual se pueden observar las aplicaciones de RA, en diferentes campos, esto contribuyó a la creación de un cuerpo teórico importante con la relación a las variables de estudio, que condujo hacia el cumplimiento de los objetivos y formulación de conclusiones con relación al tema de estudio.

Etapas del estudio son las siguientes:

Etapas 1: Observación de los estudiantes de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, durante el proceso de enseñanza – aprendizaje, en el cual se establezcan problemáticas y necesidades.

Etapas 2: Diseño de estrategia pedagógica: Diseño y realización de las herramientas pedagógicas, con las actividades para el uso correcto, mediante talleres en los cuales la herramienta de trabajo principal sea el geosimulador.

Etapas 3: Seguimiento y evaluación de la aplicación de la estrategia pedagógica: Se hará el debido registro de las actividades realizadas, realizando encuestas y realizando su tabulación, generando un posterior análisis y valoración de resultados.

7. DESCRIPCIÓN DEL MONTAJE

El desarrollo del montaje del geosimulador consta de dos partes, la parte del Hardware requerido y la segunda parte de la instalación del Software y los programas necesarios, por ello, se abordara el proceso de la forma mas ordenada para que el geosimulador vaya tomando forma, empezando por el desarrollo de los elementos fisicos, el cual dara paso a la instalacion de todos los programas digitales necesarios. Se a de tener en cuenta que este apartado funciona como guia y se basa en recomendaciones de como llevar el proceso, para lo cual, si se desea utilizar diferentes procesos o materiales, los resultados obtenidos pueden no ser los mismos.

7.1 Componentes físicos necesarios

Computador: El equipo ejemplar para un Geosimulador se compone de un computador dedicada al programa que maneje el sistema operativo Linux, debe poseer una tarjeta gráfica de buena gamma, un buen CPU es recomendado, una memoria RAM basica y una memoria minima de 30 GB.

El sistema tiene dos componentes principales: el renderizador de mapas topográficos y la simulación del flujo de agua. El primero es comparativamente fácil para la CPU y la tarjeta gráfica, y funciona en la mayoría de las computadoras portátiles o PC de gama media. La simulación de agua, por otro lado, requiere una tarjeta gráfica de alta gama como la GeForce GTX 1060 recomendada.

Para resumir las recomendaciones con sus respectivos valores:

Tabla 3 Valor de los recursos operativos del geosimulador

Recursos operativos	
Sistema operativo: Linux Mint.	Gratuito
Tarjeta gráfica: GeForce GTX 1060.	\$1'500.000
CPU: Intel Core i5 o superiores, que corran como MINIMO 3 GHz	\$1'000.000
Memoria RAM: mínimo 4GB.	\$240.000
Disco duro mínimo: 30GB de almacenamiento	\$150.000

Tabla 3. Continuación

Proyector	1'000.000
Sensor Kinect	\$100.000
Caja de madera	\$350.000

Fuente: propia

Proyector: En términos de proyector, no es necesario una especificación exacta, la vasta mayoría de proyectores funcionan con el sistema, pero por lo general se ha de disponer de un proyector que pueda ajustarse a tener una longitud de proyección corta y una relación de aspecto nativa de 4: 3, para igualar el campo de visión de la cámara Kinect.

Ilustración 3 Montaje del geosimulador(1)



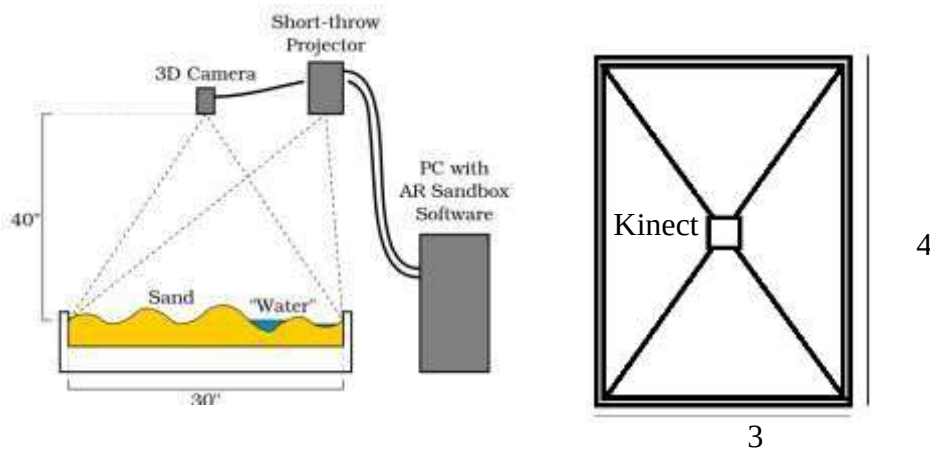
Fuente:

propia

Sensor Kinect: La cámara Kinect básica de una consola Xbox 360, pero además debe tener un adaptador a la versión arcade de la consola, para que así se disponga de una conexión USB con el computador.

Caja de arena: La caja de arena debe tener las medidas necesarias para equiparar el campo de visión de 4:3 de la cámara Kinect, esto es para que la lectura de datos este enteramente dentro de la caja y no se desperdicie espacio. Por lo que las medidas están atadas a la cámara, pueden variar dependiendo de lo grande que sea necesario en el espacio de estudio, las medidas a continuación son una recomendación, las cuales se desarrollaron para este trabajo.

Ilustración 4. Esquema del montaje físico del geosimulador (vista corte y planta)



Fuente: Propia, UCDavis

Ilustración 5. Montaje del geosimulador (2)



Fuente: propia

La imagen muestra las medidas recomendadas para la caja de arena que son 1mx0.75m (40"x30" respectivamente), con sus componentes externos (Kinect, proyector y PC), la camara Kinect es necesario se ubicada en el centro geometrico de la caja, a una altura de 1 metro (40"), esta medidas puede ser modificada, pero esto no solo modifica las medidas de la caja, si no que tambien la resolución y la calidad en la sincronizacion de la imagen proyectada.

Los materiales para la construccion de la caja de arena pueden variar, en el caso de este trabajo se realizo de madera (triplex), debido a la relación precio, resistencia y costo.

Ilustración 6. Montaje del geosimulador (3)



Fuente: propia

Arena: La arena a utilizar debe ser blanca, lo mas reflejante posible, la más recomendable son arenas cinéticas, debido a su gran capacidad de mantener la forma sin la necesidad de humedecerla, aunque otras arenas finas son igual de efectivas en el sistema.

Ilustración 7. Montaje del geosimulador (4)



Fuente: propia

7.2 Componentes informáticos necesarios

El geosimulador utiliza software de licencia de fuente abierta, es decir, que todo el proceso informático del geosimulador es gratis y puede ser reproducido, utilizado y descargado por cualquiera en cualquier momento, en este trabajo se utilizó el software AR sandbox proporcionado por el Centro de Visualización Activa en Ciencias de la Tierra UC Davis W.M. Keck. Los cuales desarrollaron el programa y desde su página web dan acceso a la información, así como instructivos y soporte para los interesados en la construcción de cajas de arena de realidad aumentada, entre otros programas de ciencias de la tierra. (Kreylos, 2019)

El primer paso en la instalación del software sería la instalación del sistema operativo Linux Mint 19.3 Mate, preferiblemente la versión de 64-bit, en el cual se va a manejar el geosimulador, la recomendación sería que el computador este en blanco, es decir, que no

tenga en si otro sistema operativo y así este destinado únicamente para el geosimulador. Es importante que este proceso no se realice en una máquina virtual, ya que los programas no funcionan en este.

Ahora que ya estamos en un computador con un sistema operativo funcional, el segundo paso es la instalación de los controladores gráficos, en específico de los controladores Nvidia. Para ello, en el menú de inicio de Linux se debe abrir el centro de control, seleccionamos la opción “Drive Manager” o “Administrador de controladores”, se mostrará una pantalla con las opciones disponibles de controladores, elegimos el controlador NVIDIA Binary driver y aplicamos cambios, luego de que este proceso se complete es necesario el reinicio del computador para que se termine de hacer los cambios.

Una vez reiniciado el sistema hay que comprobar que los controladores se instalaron adecuadamente y funcionan, para ello, hay que abrir una terminal de comandos e ingresar el siguiente comando:

```
glxinfo | grep vendor
```

En la ventana terminal aparecerá la siguiente confirmación:

```
server glx vendor string: NVIDIA Corporation  
client glx vendor string: NVIDIA Corporation  
OpenGL vendor string: NVIDIA Corporation
```

Si la respuesta es diferente, en especial que no aparezca “NVIDIA Corporation” en las tres líneas, la instalación de los controladores tiene un error y debe ser corregido antes de seguir al siguiente paso.

Para el tercer paso se instalará Vrui VR Development Toolkit (Kit de herramientas de desarrollo Vrui VR), el cual funciona como herramienta para el mejoramiento y desarrollo de aplicaciones de realidad virtual y realidad aumentada. (Kreylos, 2020) Ahora en una terminal de comandos copiamos las siguientes líneas y damos enter (línea por línea):

```
cd ~  
wget http://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/Vrui/Build-Ubuntu.sh  
bash Build-Ubuntu.sh
```

Si la ventana pide una contraseña es la misma contraseña de usuario del sistema operativo, luego de que el proceso se complete aparecerá una nueva ventana con la tierra girando en ella, aquí podemos familiarizarnos con el entorno, ya que es el mismo entorno con el que se va a manejar el programa AR Sandbox.

- Presione (y mantenga) el botón derecho del mouse para que aparezca el menú principal de la aplicación.
- Mientras mantiene presionado el botón izquierdo del mouse, mover el mouse rotará la vista 3D en la ventana alrededor del centro de la ventana.
- Para desplazarse, es decir, mover el globo hacia la izquierda, derecha, arriba y abajo en la ventana, presione y mantenga presionada la tecla "z" en el teclado y mueva el mouse (sin presionar ningún botón del mouse) hacia la izquierda, derecha, arriba y abajo.
- Para escalar, es decir, para hacer crecer o encoger el globo en la ventana, presione y mantenga presionada la tecla "z" y el botón izquierdo del mouse, y mueva el mouse hacia arriba y abajo.
- Si alguna vez se pierde, es decir, no aparece nada en la ventana y no sabe cómo recuperar el contenido, puede restablecer la vista al valor predeterminado seleccionando "Restablecer vista" en "Vista" submenú del menú "Vrui System", (manteniendo botón derecho).

Luego de explorar la interface debemos ajustar el tamaño de la pantalla, ya que el programa Vrui tiene implementado una calibración automática según la pantalla en la que se esté mostrando, por eso, en un proyector no aplica ya que este tamaño cambia dependiendo de la distancia y el zoom del proyector, por eso si mostramos una línea de 10cm en la pantalla de un computador en un proyector se distorsionaría a un mayor tamaño. Para ello se debe desactivar esta calibración automática, así que, en una terminal de comandos abriremos el archivo de configuración de la aplicación de la siguiente manera, copiando la siguiente línea:


```
sudo xed /sur/local/etc./Vrui-5.2/Vrui.cfg
```

Esto abrirá una ventana con texto, en este texto vamos a buscar la sección siguiente: `section Desktop` y luego `section Window`, allí encontraremos la línea `autoScreenSize true`, debe ser la línea 153 de todo el archivo, aquí se debe cambiar el valor de `true` a `false`. Con esto aseguramos que el ajuste de pantalla no se realice automáticamente, así las medidas predeterminadas se ajustaran a una pantalla de 20" con una relación de aspecto 4:3, las cuales coinciden con el que buscamos para la caja de arena.

Ahora para el paso 4 se instalara el paquete de video Kinect 3D (Kinect 3D Video Package), esta es una aplicación que emplea las capacidades de la cámara Kinect del Xbox la cual mediante la combinación de los flujos de imágenes de profundidad y color recibidos desde el dispositivo y proyectándolos de nuevo en el espacio 3D de tal manera que los objetos 3D reales dentro del campo de visión de las cámaras se recrean virtualmente, en sus tamaños adecuados. (Kreylos, Kinect Hacking, 2020) Asi que en el terminal de comandos se copia lo siguiente (línea por línea):

```
cd ~/src
wget http://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/Kinect/Kinect-3.9.tar.gz
tar xzf Kinect-3.9.tar.gz
cd Kinect-3.9
make
sudo make install
sudo make installudevrules
ls /usr/local/bin
```

Se debe comprobar que en la respuesta del ultimo comando se encuentre entre la lista de nombres los siguientes: `KinectUtil` y `RawKinectViewer`.

Para el paso 5 se instalará la caja de arena de realidad aumentada (Augmented Reality Sandbox), en la terminal copiamos las siguientes lineas (línea por línea):

```
cd ~/src
wget http://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/SARndbox-
2.7.tar.gz
tar xzf SARndbox-2.7.tar.gz
cd SARndbox-2.7
make
ls ./bin
```

En la respuesta del ultimo comando debe contener los siguientes nombres:

CalibrateProjector, SARndbox, y SARndboxClient.

7.3 Integración del Sistema, configuración y calibración

Para los siguientes pasos se debe conectar todos los componentes del sistema, la cámara y el proyector deben estar alineados con la caja de arena, y entre ellos para que se produzca una imagen de cualidad óptima y que se alineen perfectamente.

Luego de tener la cámara Kinect conectada, en una terminal de comando copiamos la siguiente linea:

```
sudo /usr/local/bin/KinectUtil getCalib 0
```

Con esto podemos empezar la alineación de la cámara para que el campo de visión de la cámara capture la superficie interior de la caja de arena, para ello usaremos RawKinectViewer para guiarnos, así que se iniciara de la siguiente forma en un terminal de comandos:

```
cd ~/src/SARndbox-2.7
RawKinectViewer -compress 0
```

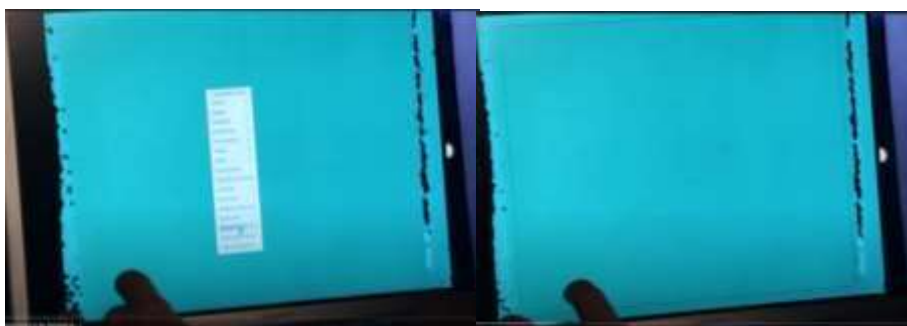
Aquí se dispondrá de una pantalla que muestra la imagen proyectada de la cámara de dos

formas, un de colores y otra normal, utilizando la imagen de colores se acomodará la cámara Kinect hasta que pueda ver todo el interior de la caja de arena.

A continuación, vamos a realizar la calibración de la cámara para que detecte la profundidad que requerimos. Para ello empezamos por medir la ecuación del plano base de la caja de arena, continuando con la utilización del RawKinectViewer del paso anterior. Vamos a cubrir la caja de arena con algo plano como indica la siguiente imagen:

De esta manera obtendremos una imagen plana con la cual trabajaremos, se utilizara la imagen de color de profundidad, primero asignaremos un botón a “Extract Planes”, esto se hace manteniendo oprimido un botón sin usar, ejemplo la tecla “1”, y en el menú que aparece llevar el puntero del ratón sobre el apartado “extract Planes” y sin hacer clic soltamos la tecla “1”. Con la tecla asignada vamos a abrir el menú con el botón derecho del ratón y seleccionamos “Average Frames” lo cual congelara la imagen, esto para que la cámara deje de obtener imágenes. A continuación crearemos un rectángulo donde se encuentra el fondo de la caja para obtener el plano base, ubicando el ratón en la esquina superior izquierda oprimimos (y mantenemos) la tecla “1” la cual habíamos asignado, y desplazamos hacia la esquina contraria, así dibujando un rectángulo que concuerde con la caja de arena en la imagen de profundidad.

Ilustración 8 Proceso “Extract Planes”



Fuente: tomado del video AR Sandbox Calibration.

Ahora si volvemos a la terminal de comandos, se observa que se generó una información, esta corresponde a la ecuación del plano base, se debe tener en cuenta que el que vamos a usar es la segunda línea de ecuación que corresponde al espacio visual de la cámara.

Volvemos a la pantalla de RawKinectViewer y reactivamos los “Average Frames” (menú

del botón derecho del ratón), se remueve el plano que cubría la caja de arena, y se observa unos bordes de la caja más definidos, el siguiente paso es medir y establecer las esquinas de la caja, esto para que la cámara tenga conocimiento de los límites a los que debe obtener recursos. Para ello debemos asignar otra herramienta a alguna tecla (si deseamos utilizar la misma tecla “1”, la aplicación tiene una zona que borra las herramientas de sus respectivas teclas, es un recuadro rojo en la parte inferior derecha de la pantalla, solo hay que poner el cursor en esta zona roja y oprimir la tecla que deseamos borrar, hay que tener en cuenta que si hacemos click derecho en esta zona roja se va a borrar el menú del RawKinectViewer y tendremos que reiniciar el proceso).

Para asignar la herramienta realizamos el mismo proceso anterior, se mantiene oprimida la tecla y esta vez desplazamos el cursor sobre “Measure 3D Positions” y soltamos la tecla. Vamos a volver a detener la captura de imágenes de la cámara con “Average Frames” y con la nueva tecla asignada se va a realizar el siguiente recorrido oprimiendo la tecla una vez en cada esquina de la caja:

1. Esquina izquierda inferior.
2. Esquina derecha inferior.
3. Esquina izquierda superior.
4. Esquina derecha superior.

Este orden no debe ser alterado. Con este proceso realizado podemos observar que nueva información a aparecido en la terminal de comandos, estos son coordenadas en X, Y y Z dadas por la cámara a las cuatro esquinas de la caja.

Con estos datos recopilados vamos a dárselos a la aplicación de AR Sandbox de la siguiente manera, en la terminal se copian las siguientes líneas:

```
cd ~/src/SARndbox-2.7  
xed etc/SARndbox-2.7/BoxLayout.txt &
```

Este comando abrirá BoxLayout.txt lo que modificara los directorios del programa AR

Sandbox, en este espacio debemos copiar los datos obtenidos de la siguiente forma como ejemplo:

En la terminal se muestra:

```
Camera-space plane equation: x * (0.0163633, -0.022965, 0.999602) = (-90.975)
```

Debemos copiar únicamente los cuatro números y pegarlos en el archivo de texto de la siguiente manera:

```
(0.0163633, -0.022965, 0.999602), -90.975
```

Ahora para la posición de las cuatro esquinas no es necesario realizar cambios, por ello solo es copiar y pegar tal cual los números salen en la terminal, para un resultado algo así:

```
(0.0163633, -0.022965, 0.999602), -90.975  
( -48.6846899089,    -36.4482382583,    -94.8705084084)  
(  48.3653058763,    -34.3990483954,    -89.3884158982)  
( -50.674914634,     35.8072086558,    -97.4082571497)  
(  48.7936140481,     36.4780970044,    -91.74159795)
```

Estos números varían según la instalación que se realice. Si se desea mover la altura cero de la simulación, es decir, desde el punto donde el sistema interpreta superior al nivel del mar, se debe cambiar manualmente el dato -90.975 ya que este está aplicado al plano que cubría la caja, por ello si la caja es de 20cm de profundidad cambiar el dato a -100.975 colocara el nivel del mar a la mitad de la profundidad de la caja. Luego de haber realizado estas modificaciones al archivo de texto se debe hacer un guardado y cerrar el archivo de texto.

El paso siguiente sería alinear el proyector con la caja de arena, luego de instalado en el sistema se puede correr la siguiente línea de código en la terminal para tener una mejor alineación del proyector.

```
XBackground
```

Esta mostrara una plantilla negra con líneas blancas, teniéndola en pantalla completa para el proyector, se puede acomodar que toda la imagen quede dentro de los bordes de la caja de arena.

Terminado el paso anterior se procede a la calibración de la cámara con el proyector. Se realizara corriendo la herramienta `CalibrateProjector` con la siguiente línea de código:

```
cd ~/src/SARndbox-2.7  
./bin/CalibrateProjector -s <width> <height>
```

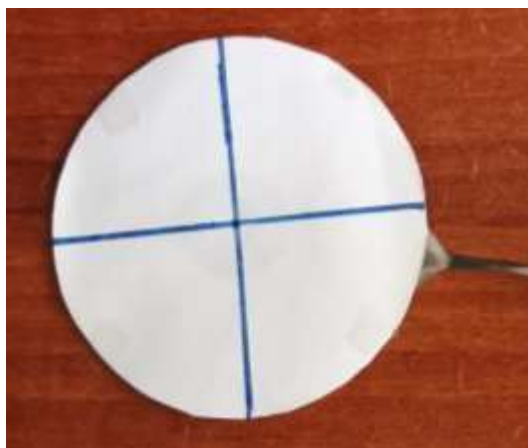
En los que Width y Height hacen referencia a la imagen en pixeles del proyector, esta varía entre proyectores, pero un ejemplo puede ser el siguiente:

```
./bin/CalibrateProjector -s 1024 768
```

Ahora que vemos que ha aparecido una pantalla negra con una cruz blanca, debemos poner esta en pantalla completa con el proyector sobre la caja de arena. Vamos a volver a realizar una vinculación de herramientas con teclas, esta vez vamos a vincular a la tecla, por decir, “1” la herramienta “Capture” como se ha realizado antes, inmediatamente después de vincular la tecla aparecerá un menú nuevo en el que pide oprimir una nueva tecla, la cual vinculara una nueva tecla a “Capture Background”, para ello se oprimirá la tecla “2” (puede ser cualquier otra). Con esto la tecla “1” captura puntos de calibración, mientras que la tecla “2” captura el relieve de la arena cada vez que se le realice un cambio.

A continuación debemos preparar una herramienta de calibración, esta se trata de un disco de 120mm de diámetro, la forma más fácil de hacerlo es usar de base un CD, CD-ROM o un DVD al cual se le pega una hoja de papel y se recortan los bordes cuidadosamente, y se ha de dibujar una cruz en el papel que se interceda con el exacto centro del agujero del CD. Además de agregarle una agarradera para que a la hora de sostener la herramienta la mano del operante no cause interferencia.

Ilustración 9 Herramienta de calibración



Fuente: Autor

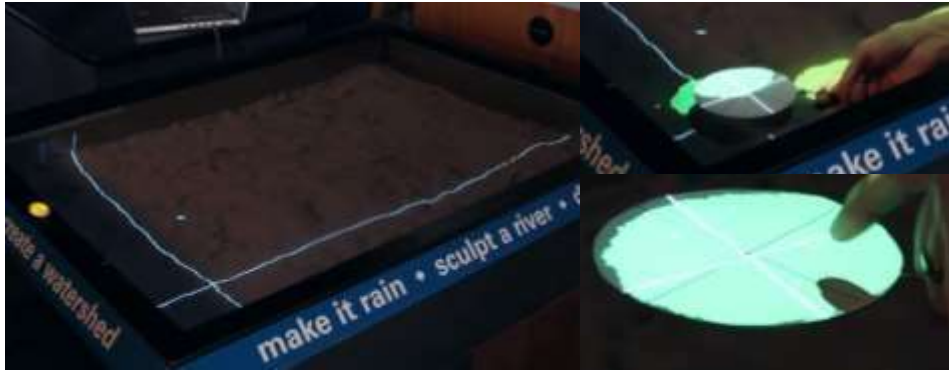
Las dos cruces, la proyectada en la caja de arena y la del disco, deben coincidir, una vez que estén alineadas lo mejor posible se debe capturar el punto con la tecla “1” o con la que se haya vinculado la herramienta “capture”. La cruz del proyector se moverá a otro punto y se debe repetir este proceso, durante este pueden estar cambiando las alturas a las que se toman los puntos, incluso es recomendable realizar un punto que este debajo de la superficie de la arena, para ello en el punto donde está la cruz del proyector se excava un hueco pero como se realizó un cambio del terreno de la arena es necesario realizar un “capture Background” con la tecla asignada para que el sistema detecte las nuevas formas de la arena, esto tomara un segundo y luego podremos seguir tomando puntos. En algún punto de este proceso aparecerá una mira roja la cual seguirá la cruz del disco alrededor de la caja de arena, esto indica que hasta este punto se realizó una calibración suficiente para continuar. Se puede seguir realizando la calibración, entre más puntos se apliquen para el sistema, más preciso será el resultado.

Recomendaciones:

- Tener la herramienta de calibración lo más estable posible.
- La herramienta debe proyectar una luz verde antes de tomar el punto, si la luz es amarilla cuando se toma no sirve.
- Tratar de que la herramienta esta lo más nivelada posible, si esta inclinada puede que la luz este verde, pero esto causara que la calibración no sea tan buena.

- Cuando la mira roja aparece revisar la calibración en los puntos más alejados como las esquinas y detectar si la mira concuerda con el centro de la cruz del disco.

Ilustración 10 Proceso de calibración de la cámara y proyector



Fuente: tomado del video AR Sandbox Calibration.

Ilustración 11 Proceso de calibración de la cámara y el proyector.



Fuente: Autor

7.4 Poner en marcha el geosimulador

Después de todo el montaje y la calibración, el geosimulador está listo para usarse, para empezar la simulación podemos copiar en una ventana terminal lo siguiente:

```
cd ~/src/SARndbox-2.7
```



```
./bin/SARndbox -uhm -fpv
```

Y con eso ya se debe mostrar una simulación del terreno. Importante que la imagen este visible desde el proyector y en pantalla completa.

Ilustración 12 Geosimulador en ejecución.



Fuente: Autor

8. POBLACIÓN Y MUESTRAS

El proyecto está planeado para ser llevado en la ciudad de Villavicencio, con ello se pretende afectar de la siguiente forma:

- **Afectación directa:** la población que se va a ver más afectada por el desarrollo de este proyecto serán Las facultades de Ingeniería Civil e Ingeniería Ambiental de la universidad Santo Tomas, estudiantes y docentes, a causa de las materias que estas carreras cursan, se verán beneficiadas en las oportunidades de representar fenómenos en el simulador, aumentando la capacidad de entendimiento estudiantil y permitiendo a los docentes expandir sus metodologías de enseñanza con material más didáctico, herramientas innovadoras que muestren una simulación lo más acercada a la realidad.
- **Afectación indirecta:** La población que se va a ver afectada indirectamente por el desarrollo de este proyecto, va a ser de todas aquellas personas ajenas a la universidad, el proyecto puede atraer la atención y el interés de personas que se estén planteando vincularse con la institución. Visitas a instituciones educativas pueden obtener un apoyo importante gracias al geosimulador, realizando talleres íntegros que atraigan a los estudiantes bachilleres hacia un interés en una vocación de ingeniería, generando un conocimiento del quehacer de un ingeniero como también el valor y la importancia con la sociedad.

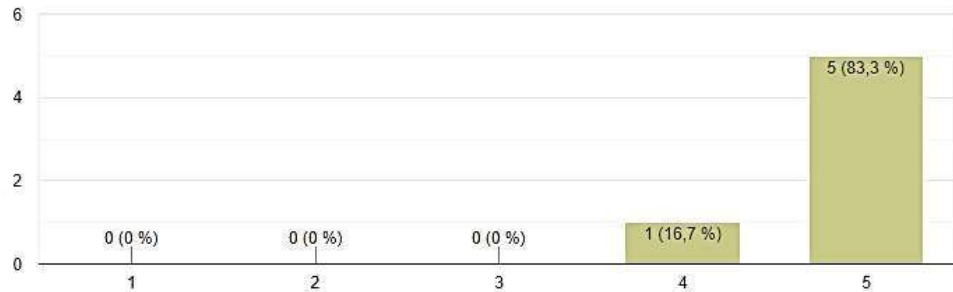
Como parte del muestreo para el desarrollo del proyecto, se realizó una presentación muestra para docentes de la universidad, usando un prototipo del geosimulador, esta muestra se realizó con propósito de que los docentes fueran conociendo la dirección y las capacidades del proyecto, luego de que se realizara la muestra se les pidió a los docentes que realizaran una corta encuesta en la que evaluaban y dejaban sus opiniones y recomendaciones para el desarrollo del proyecto, a continuación la recopilación de información de las encuestas.

Con respecto a la aplicabilidad mostrada y su potencial de desarrollo para temáticas de ingeniería civil, se preguntó a los docentes su perspectiva sobre la utilidad para generar nuevas metodologías para las aulas de clase.

Ilustración 13 Pregunta 1 de la encuesta realizada a docentes

En una escala de 1 a 5 ¿Que tan útil es el geosimulador para el desarrollo de temáticas de ingeniería civil?

6 respuestas



Fuente: Autor

Para la mayoría de los docentes (83,3%) el geosimulador supone una herramienta útil para representar y exaltar temáticas de ingeniería civil y esto representa que la población objetivo del proyecto está bien planteada y el proyecto tiene buena ocupación como una herramienta para estudiantes y docentes de ingeniería civil.

El geosimulador presenta una oportunidad de experimentar nuevas tecnologías, por ello, se les pregunto si se haría uso del mismo para sus clases.

Ilustración 14 Pregunta 2 de la encuesta realizada a docentes

¿haría uso del geosimulador?

6 respuestas



Fuente: Autor

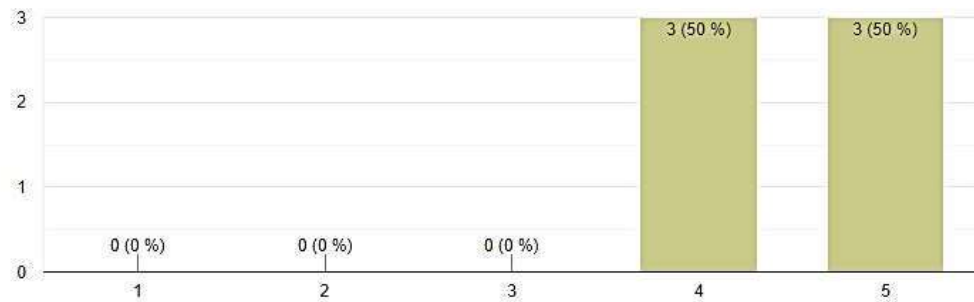
La totalidad de los participantes se muestran optimistas al tiempo y tipo de uso que el geosimulador recibiría, esto es importante ya que muestra la relevancia del proyecto y su capacidad de no quedar en el olvido y el abandono.

A continuación, se les pidió que realizaran una valoración comparativa del interés que generaría el geosimulador con respecto a otras formas de presentar temas de ingeniería civil, mostrada en la siguiente pregunta:

Ilustración 15 Pregunta 3 de la encuesta realizada a docentes

En una escala de 1 a 5 ¿Que nivel de interés genera el geosimulador respecto a otras formas de representar temáticas?

6 respuestas



Fuente: Autor

Como vemos la consideración respecto a otras metodologías es amplia, mostrando que uno de los objetivos del proyecto, que es estimular un atractivo hacia cuestiones relacionadas con las temáticas de ingeniería civil.

También se realizó una retroalimentación acerca de cómo los docentes percibían el proyecto y cuales características le faltan o le sobran al sistema.

Ilustración 16 Pregunta 4 de la encuesta realizada a docentes

¿cuales aspectos del geosimulador cambiaria o añadiria?

6 respuestas

Añadirle temas cuantitativos.

Complementar con temáticas del área de vías, las cuales pueden generar innovación y desarrollo de otros proyectos a nivel académico y de enseñanza.

Ninguna, es claro que es un equipo con fines educativos, es prudente analizar muy bien el estado del arte de esta temática.

Sinceramente me gustaría cambiar o agregar algo respecto al geosimulador, pero si no he hecho uso de ello no puedo dar opinión, es más en futuro donde haga uso de ello es muy posible que pueda dar una acertación clara de si cambiaria o añadiría algo al geosimulador.

Ninguno

La accesibilidad al mismo

Fuente: Autor

Se puede demostrar gracias a los resultados de las encuestas que los docentes de la universidad realizaron, muestran un claro interés por nuevas herramientas para el desarrollo del ejercicio de la pedagogía, como también sus propias ideas y metodologías para implementar el geosimulador, lo que demuestra la amplitud de formas de implementación del sistema.

9. METODOLOGÍA DEL TALLER CON ESTUDIANTES BACHILLER DE GRADO 11

Con la intención de evaluar la efectividad del geosimulador sobre la explicación de temas en ingeniería, se organizó un taller a estudiantes de bachillerato de grado 11. Este taller constó con temáticas de relieve y curvas de nivel, correspondientes a la rama de topografía. En el cual, se realizó en dos partes de la siguiente manera:

- Se realizó una explicación magistral con diapositivas, en la cual se explica las curvas de nivel, y que es el relieve. Lo cual asemeja una clase universitaria.
- A partir de la clase, se realizó una prueba de cinco preguntas a algunos de los estudiantes, evaluando la comprensión del tema tratado.
- Se realizó a continuación la aplicación del taller con apoyo del geosimulador, de manera didáctica, haciendo una demostración y explicación de cómo funciona la realidad aumentada y sus diversos usos. Se realizó otra prueba de cinco preguntas para comparar el proceso de comprensión de un método alternativo como el taller.

Teniendo en cuenta que los estudiantes experimentaron temas avanzados por primera vez y sin una preparación previa, lo más probable era una baja comprensión de los temas explicados, pero gracias al geosimulador, los participantes de grado once fueron capaces de comprender las bases de la topografía y obtener habilidades básicas para leer mapas topográficos, solucionando preguntas básicas realizadas por parte de los docentes y asistentes del taller de forma correcta.

9.1 Posibilidades técnicas y utilidad académica

El geosimulador es popular con todas las personas, y el rango de edad los cuales pueden utilizar la herramienta es muy amplio. A niños pequeños les gusta jugar con la arena y el cambio de colores que realiza el geosimulador, pero los niños deben tener supervisión por seguridad cerca del sistema, y que la integridad del niño y de la herramienta no se vean afectados. A medida que la edad aumenta, el interés de la audiencia se centra en los aspectos científicos que cubre el sistema. Jóvenes de secundaria pueden centrar su educación en aspectos como ciclo del agua, movimientos de tierra, formación de relieve. Estudiantes de universidad pueden adentrarse más en las ciencias de la tierra y el agua, y todo el desglose de aplicaciones en las que estas poseen.

10. SÍNTESIS DE LOS TALLERES PROPUESTOS

10.1 Estudio de topografía y relieve visualizados en realidad aumentada (Anexo)

En este taller se pretende observar un modelo que genere y simule el comportamiento del relieve y la topografía de un terreno, a través de las curvas de nivel. Logrando observar cómo cambia y que implicaciones tienen esos cambios para el levantamiento topográfico y los mapas topográficos. El taller busca utilizar con solvencia las tecnologías de la información y la comunicación para acceder a los conocimientos básicos científicos y tecnológicos de la ingeniería civil para dominar fácilmente sus habilidades básicas de la topografía.

Nacida de la necesidad humana de conocer y entender el entorno, la topografía se desarrolló, con bases en la geometría y la trigonometría, con el objetivo de determinar e interpretar la posición relativa del terreno y los objetos situados en la superficie terrestre. La topografía es una base indiscutible de la ingeniería civil y un recurso muy importante para el desarrollo de obras civiles. Gracias a la topografía es posible trazar los proyectos y los planes de trabajo, es indispensable su uso antes, durante y después de la construcción de obras. Con el geosimulador, los estudiantes pueden observar una variedad infinita de terrenos, los cuales, para ser observados en la vida real, es necesario de un desplazamiento a los lugares en los que se encuentran, los cuales en algunos casos son inaccesibles.

En el desarrollo del taller se simularán diferentes tipos de terreno, como hundimientos, valles, colinas, planicies y montañas, con lo cual se obtendrá una variedad significativa de ejemplos de curvas de nivel y su comportamiento. A partir de unas escalas preestablecidas, los estudiantes deberán tomar datos y analizarlos para posteriormente crear un plano de curvas de nivel que represente en dos dimensiones lo visto en tres dimensiones.

10.2 Estudio de diseño geométrico de vías en realidad aumentada (anexo)

En este taller se busca desarrollar un criterio básico de un diseñador geométrico de vías, el cual debe ser racional y tener entendimiento de cómo la vía debe adaptarse al terreno y jugar con los diseños ingeniosos que al mismo tiempo cumplan con una viabilidad básica. El taller inculca que el estudiante logre visualizar alternativas para conectar dos puntos de

importancia, mediante vías, en un mapa topográfico, y así tener la capacidad de llevar estos conocimientos adquiridos a un espacio real. El diseño geométrico de vías es una técnica valiosa en las bases de la ingeniería civil, con la cual es posible la planificación y el desarrollo de vías y calles. Las vías en un país representan una de las infraestructuras más importantes debido a su función de comunicar sociedades y personas. Por ello un diseño adecuado de las mismas se representa un punto de inflexión en la inversión estatal y la capacidad de desarrollo de las comunidades.

Con el geosimulador, es posible detallar y simular este tipo de vías alternas, las cuales deben pasar por diferentes tipos de terreno y fallas geográficas, con el propósito de ayudar a la visualización del terreno. En el desarrollo del taller, se dispondrá de un terreno aleatorio en el geosimulador, por el cual, debe diseñarse diferentes alternativas de vía, las cuales cumplan los criterios de viabilidad, seguridad y realismo.

11. RESULTADOS E IMPACTOS ESPERADOS

En este capítulo se presentan los resultados esperados para los objetivos de diseño y aplicación de la estrategia pedagógica basada en el geosimulador, como aspecto importante para realizar la evaluación final que es un insumo para la formulación de las conclusiones.

10.3 Resultados esperados

Tabla 4 Tabla de resultados

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Montaje de la Mesa/Caja Soporte	Mesa que pueda soportar y almacenar arena.	Objetivo específico
Programación de equipo computación	El software SARndbox debe iniciarse correctamente.	Objetivo específico
Montaje y acoplamiento de todo el sistema	Visualización en primera instancia del simulador	Objetivo específico
Calibración del proyector y la cámara	Visualización lo más exacta de las curvas de nivel sobre la superficie	Objetivo específico
Puesta en marcha final	Operación del sistema	Objetivo general
Talleres de laboratorio para la aplicación del sistema	Utilización por parte de los docentes para clases	Objetivo general

Fuente: Autor

10.4 Impactos

Tabla 5 Impactos

Aspecto	Impacto	Supuesto	Plazo
Académico	Metodologías de enseñanza	Con más herramientas a disposición de los docentes aumenta las metodologías	Corto
Académico	Facilitación de aprendizaje	El simulador Geomático facilitara la comprensión de diferentes conceptos de la educación de las geociencias.	Corto
Técnico	Aumento del equipamiento de los laboratorios	El sistema aplica como un instrumento más a disposición de los laboratorios de la universidad.	Corto
Social	Aumento del interés y atractivo de la universidad.	En razón a la capacidad de investigación y disponibilidad de equipos de laboratorio.	Largo

12. Fuente: Autor

13. CONCLUSIONES

1. La tecnología debe ser incorporada en los procesos de enseñanza – aprendizaje debido a que los jóvenes están inmersos en este nuevo contexto. La disposición a nuevas variantes de aprendizaje que estimulen virtudes como la atención, el interés y la capacidad de decisión son estimulados con estrategias pedagógicas nuevas y aplicadas como las basadas en la realidad aumentada y el Geosimulador.
2. Estrategias metodológicas innovadoras y llamativas, como el Geosimulador, generan impactos positivos sobre temas de ingeniería civil en personas externas a la facultad de ingeniería civil. La realidad aumentada al tener una variedad de aplicaciones en diferentes áreas del conocimiento, la convierte en una herramienta importante para el logro de objetivos en organizaciones pertenecientes a diferentes sectores de desarrollo, así como los objetivos pedagógicos de la universidad.
3. La combinación teórica – practica generada por los talleres realizados a los estudiantes de grado 11 de colegios, al igual que estudiantes de ingeniería civil de la universidad Santo Tomas Villavicencio, logran generar un impacto positivo en la enseñanza y formación de temas como curvas de nivel, topografía y lectura de mapas topográficas, demostrando que el Geosimulador complementa perfectamente clases y demostraciones de temas avanzados, incluso a individuos ajenos a la carrera.
4. Las estrategias pedagógicas basadas en realidad aumentada, como el geosimulador, se incorporan y acoplan adecuadamente en los procesos de formación de las diferentes facultades de la universidad Santo Tomás. Dado que se implementan de forma segura, son fáciles de operar y pueden ser actualizadas fácilmente de acuerdo a las necesidades educativas requeridas, son una herramienta en la dirección correcta para el avance en la educación.

REFERENCIAS

- Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., & et al. (2006). *Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente*. Bilbao - España: Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao. <http://files.mediativos.webnode.es/200000016-a645ea73b3/realidad%20A..pdf>
- Beals, C. (8 de junio de 2017). *Augmented Reality Sandbox*. Recuperado el 22 de mayo de 2020, de <https://www.bealsscience.com>
- Belloch, O. C. (2014). *Tecnologías de la información y las comunicaciones TIC*. Valencia: Universidad tecnológica de Valencia. <https://www.uv.es/bellochc/pedagogia/EVA1.pdf>
- Bernal Zamora, L. B.-R. (2017). Metodología para la construcción de objetos virtuales de aprendizaje, apoyada en realidad aumentada. *Sophia*, 13(1), 4-12. <http://www.scielo.org.co/pdf/sph/v13n1/v13n1a02.pdf>
- Berón, O., & Bohórquez, C. S. (2017). *Implementación de un modelo de georeferenciación y ruteo para servicios médicos y domiciliarios*. [Trabajo de grado, Universidad externado de Colombia]. Repositorio. <https://bdigital.uexternado.edu.co/handle/001/496>
- Buitrago, R. D. (2013). Estado del arte: Realidad aumentada con fines educativos. *Escuela Coombiana de Carreras Industriales. ECCI* (2)3 50-59. https://www.researchgate.net/publication/331476244_Estado_del_arte_Realidad_aumentada_con_fines_educativos
- Rivadulla López, C. (2020). La incorporación de la realidad aumentada en las clases de ciencias. *Contextos educativos*, 25, 237-255. <https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/contextos/article/view/3865>
- Castillo, S. A. (2021). *La AR como herramienta didáctica en la enseñanza aprendizaje en la representación gráfica en Ingeniería Civil*. [Trabajo de grado, Universidad de Piura]. Repositorio. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4992>
- Da Silva, I. (2016). *El futuro de la educación en geomática*. Sao Paulo: Universidade de São Paulo,. https://www.researchgate.net/publication/299485092_EL_FUTURO_DE_LA_EDUCACION_EN_GEOMATICA_PARA_LA_INGENIERIA_CIVIL_THE_FUTURE

_OF_EDUCATION_IN_GEOMATICS_FOR_CIVIL_ENGINEERING

- Del Vasto, H. M. (2014). Influencia de las tecnologías de información y comunicación (TIC) en el proceso enseñanza-aprendizaje: una mejora de las competencias digitales*. *Revista Científica General José María Córdova*, (13)16 121-132. <https://www.redalyc.org/pdf/4762/476247224007.pdf>
- Gómez Ortega, J. (20 de Junio de 2017). Presentacion del SiGRA 4D.
- Pedraza Goyeneche, P. C; Amado Plata, A; Lasso Cárdenas, E. & Munévar García, P. (2017). Experiencias de realidad aumentada (RA) en la formación del profesorado en la Universidad nacional abierta y a distancia UNAD de Colombia. *Sistema de Información Científica-Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación. N° 51.* 111-131. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36853361009>
- Greg Kipper, J. R. (2012). *Augmented reality*. Syngress. <https://www.elsevier.com/books/augmented-reality/kipper/978-1-59749-733-6>
- H. S. Jenkins, R. G. (2014). Shifting sands and turning tides: using 3D visualization technology to shape the environment for unergraduate students. *Fall Meeting, San Fransisco*. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2014AGUFMED53B3489J/abstract>
- Hastings, P. (2015). *Illustrating the science of an active volcano*. (The Columbian) <https://www.columbian.com/news/2015/may/02/cascades-volcano-observatory-aciencesopen-house/>
- Hrma, J. (noviembre de 2011). *smartmania*. Obtenido de <https://smatmania.cz/sandystationinteraktivni-piskoviste-s-vyuzitim-kinect-u-video-1672/>
- Hsin-Kai Wu, S. W.-Y.-Y.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers and Education*, 62, 41-49. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.644.8231&rep=rep1&type=pdf>
- Kreylos, O. (14 de Noviembre de 2019). *Oliver Kreylos' Research and Development Homepage - Augmented Reality Sandbox*. Recuperado el 22 de Mayo de 2020, de <https://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/>
- Kreylos, O. (2020). *Kinect Hacking*. (UCDavies) Recuperado el 2020, de <https://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/Kinect/>

- Kreylos, O. (Mayo de 2020). *Vrui VR Toolkit*. (UCDavis) Recuperado el Noviembre de 2020, de <https://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/Vrui/index.html>
- Larry Johnson, M. b. (2016). Realidad aumentada y virtual. *NMC: Horizon Report: 2016. Higher Education Edition*, 40-41.
- Lendínez, M. (enero de 2017). *Obtención del modelo tridimensional del despoblado de Orejas (Toleedo) mediante RPAS*. Madrid: Escuela técnica superior de ingenieros en topografía y geodesia y cartografía. <https://oa.upm.es/47351/>
- Martelo, E., & Manotas, M. (2014). Prototipo de una aplicación móvil con realidad aumentada para mostrar puntos de información y ubicación mediante el uso del navegador móvil junaio. *Universidad Simón Bolívar. Barranquilla, Colombia*.ISSN: 2344-8652.
<http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/innovacioning/article/view/2048>
- Martínez, J. J., Leiva, O., & Moreno, N. M. (2015). Tecnologías de geolocalización y realidad aumentada en contextos educativos: experiencias y herramientas didácticas. *Revista científica de opinión y divulgación*.
<https://raco.cat/index.php/DIM/article/view/291534>
- Marulanda, C. E., & Giraldo, J. (2014). Acceso y uso de las Tecnologías de la información y las Comunicaciones (TICs) en el aprendizaje. El Caso de los Jóvenes Preuniversitarios en Caldas, Colombia. *Formación universitaria*-
<https://www.redalyc.org/pdf/3735/373534459006.pdf>
- Monobanda. (1 de julio de 2011). Project Mimicry. (Monobanda)
<http://mimicry.monobanda.nl>
- Olivar, A., & Daza, A. (2007). Las tecnologías de la información y comunicación (TIC), y su impacto en la educación del siglo XXI. *Negotium/ Ciencias Gerenciales*, (3)7 21-46.. <https://www.redalyc.org/pdf/782/78230703.pdf>
- Praxis y saber. (2016). Tecnologías de la información y comunicación aplicada a la educación. DOI: <http://dx.doi.org/10.19053/22160159.5215>, 6.
- Sarah Reed, S. H. (2016). Augmented reality turns a sandbox into a geoscience lesson. *Eos Science News*, 97. <https://eos.org/science-updates/augmented-reality-turns-a-sandbox-into-a-geoscience-lesson>
- Siegle, D. (2019). Seeing is believing: Using Virtual and Augmented Reality to Enhance

-
- Student Learning. *SAGE Publications*, 421, 46-52.
<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1076217518804854>
- Sierra, S. R. (2007). La estrategia pedagógica: Sus predictores de adecuación . *Universidad Pedagógica Enrique José*. 45. 16-25.
<https://www.redalyc.org/pdf/3606/360635565004.pdf>
- Sural, I. (2018). Augmented Reality Experience: Initial Perceptions of Higher Education Students. *International Journal of Instruction*, (11)4 565-576.
https://www.researchgate.net/publication/327940479_Augmented_Reality_Experience_Initial_Perceptions_of_Higher_Education_Students
- Torre, N. L., & Domínguez, G. (2012). Las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje a través de los objetos de aprendizaje. *Revista Cubana de informática médica*.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1684-18592012000100008&script=sci_arttext&tlng=en, 6.
- Wood, T. L. (2015). Using the Kreylos Augmented Reality Sandbox to teach topographic maps and surficial processes in an introductory geology lab at east coast Carolina University.
Geol. Soc. Am Programs, 47, 7.