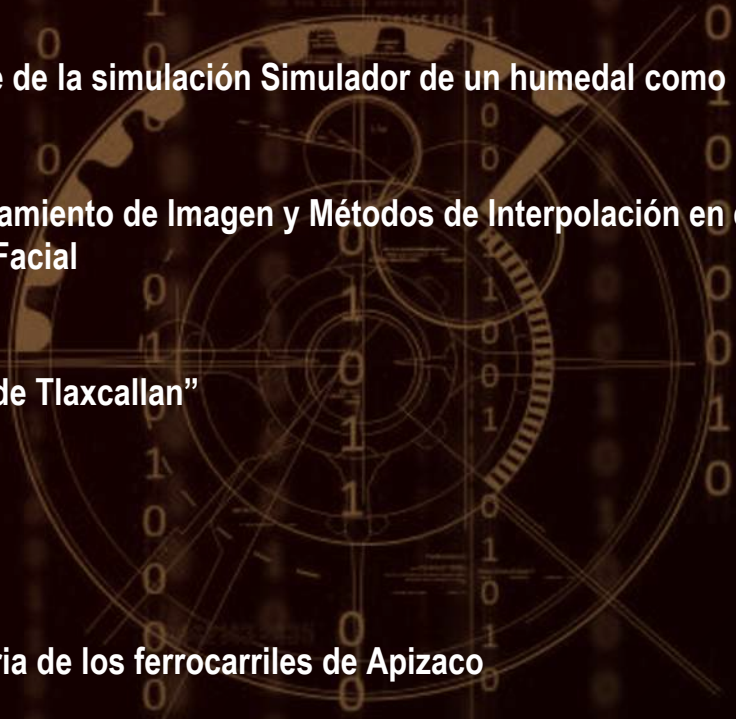


REVISTA IZTATL COMPUTACIÓN



- 
1. Estudio y categorización de técnicas basadas en datos para la detección de fallas en procesos
 9. Análisis del estado del arte de la simulación Simulador de un humedal como herramienta de aprendizaje
 15. Impacto del Redimensionamiento de Imagen y Métodos de Interpolación en el Rendimiento de un Sistema de Reconocimiento Facial
 31. Videojuego “La Leyenda de Tlaxcallan”
 41. Mundo Virtual de Marte
 49. Mundo Virtual de la historia de los ferrocarriles de Apizaco
 57. TEAprende: Realidad Aumentada para Niños con TEA, módulos Ciencias Naturales, Biología Vegetal y Anatomía Humana



Universidad Autónoma de Tlaxcala
Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología

Dr. Serafín Ortiz Ortiz
Rector

Dra. Margarita Martínez Gómez
Secretaria Académica

Dr. Alfredo Adán Pimentel
Secretario de Investigación Científica y Posgrado

Mtra. Diana Selene Ávila Casco
Secretaria de Extensión Universitaria y Difusión Cultural

M.C. Roberto Carlos Cruz Becerril
Secretario Técnico

Lic. Elvia Hernández Escalona
Secretaria Administrativa

Dr. Juan George Zecua
Secretario de Autorrealización

Dr. Arturo Elías Domínguez
Coordinador de la División de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología

M.C. José Antonio Joaquín Durante Murillo
Coordinador de Enlace Internacional, Vinculación e Intercambio Académico

Dra. Friné López Medina
Directora de la Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología

Dr. Miguel Ángel Munive Rojas
Secretario de la Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología

Mtro. Patrick Hernández Cuamatzi
Coordinador de Posgrados en Computación y Electrónica

Mtra. Carolina Rocío Sánchez Pérez
Coordinadora de Ingeniería en Computación



Comité Editorial

Dra. Marva Angélica Mora Lumbreras

M.C. Carolina Rocío Sánchez Pérez

M.I.A. Norma Sánchez Sánchez

Revista Iztatl Computación

Revista Iztatl Computación, año 12, No. 23, enero-junio 2023, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Tlaxcala en coordinación con la Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología. Calle del Bosque s/n Colonia Tlaxcala centro C.P. 90000, Tlaxcala, Tlax, México. Teléfono (246) 4621422, <https://ingenieria.uatx.mx/revistas.html>, iztatl.computacion@gmail.com. Editor Responsable: Marva Angélica Mora Lumbreras. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo 04-2016- 102413050300-203, ISSN: 2007-9958, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsables de la última actualización de este número, Universidad Autónoma de Tlaxcala en coordinación con la Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología. Calle del Bosque s/n Colonia Tlaxcala centro C.P. 90000, Tlaxcala, Tlax, México. Teléfono (246) 4621422, Dra. Marva Angélica Mora Lumbreras, fecha de última modificación, 19 de junio de 2023.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma de Tlaxcala a través de la Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología.

Comité Revisor

Dr. Alberto Portilla Flores, UAT

Dr. Brian Manuel González Contreras, UAT

Dr. Carlos Sánchez López, UAT

Dr. Francisco Javier Albores Velasco, UAT

Dr. Ricardo Pérez Águila, UTM

Dra. Claudia Zepeda Cortés, BUAP

Dra. Leticia Flores Pulido, UAT

Dr. Luis Enrique Colmenares Guillén, BUAP

Dra. María del Rocio Ochoa Montiel, UAT

Dra. María Enedina Carmona Flores, UAT

Dra. Marva Angélica Mora Lumbreras, UAT

Dra. Marisol Hernández Hernández, UAEM

Dra. Verónica Rodríguez Rodríguez, UDLAP

M.C. Carlos Santacruz Olmos, UAT

M.C. Carolina Rocío Sánchez Pérez, UAT

M.C. Esther Ortega Mejía, BGO LDCM

M.C. Juventino Montiel Hernández, UAT

M.C. Marlon Luna Sánchez, UAT

M.I.A. Norma Sánchez Sánchez, UAT

M.C. Patrick Hernández Cuamatzi, UAT

Instituciones participantes:

BGO LDCM.- Bachillerato General Oficial Luis Donaldo Colosio Murrieta

BUAP.-Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

UAEM.- Universidad Autónoma del Estado de México

UAT.-Universidad Autónoma de Tlaxcala

UDLAP.-Universidad de las Américas, Puebla

UTM.-Universidad Tecnológica de la Mixteca





La edición 23 de la Revista Iztatl Computación está compuesta de 7 interesantes artículos del área de computación, los cuales se describen brevemente a continuación:

1. Estudio y categorización de técnicas basadas en datos para la detección de fallas en procesos de Irianely Ivonne Pérez Juárez y Brian Manuel González Contreras presenta una investigación sobre la detección y diagnóstico de fallas a través del aprendizaje automático y métodos estadísticos e incluye definiciones y segmentos del estado del arte que integran el desarrollo de un proyecto de tesis doctoral.
2. Análisis del estado del arte de la simulación: Simulador de un humedal como herramienta de aprendizaje, de Angelina Briones Cerezo, Marva Angélica Mora Lumbreras y Eneida Reyes Pérez presenta el análisis del estado del arte sobre simuladores como herramienta de aprendizaje.
3. Impacto del Redimensionamiento de Imagen y Métodos de Interpolación en el Rendimiento de un Sistema de Reconocimiento Facial de Francisco Gibrán García Candelario, Natividad Juárez González, José Aurelio Ramírez González y Francisco Javier Reyes Santamand analiza el impacto del tamaño de redimensionamiento y del método de interpolación de imágenes.
4. Videojuego “La Leyenda de Tlaxcallan” de Nelly Vázquez Medina, Víctor Lerma Salamán y Marva Angélica Mora Lumbreras muestra un videojuego enfocado en los eventos sucedidos durante el siglo XIV en Tlaxcala, así como sus interacciones en la guerra de conquista
5. Mundo Virtual de Marte, de María Isabel Zambrano Guzmán y Marva Angélica Mora Lumbreras presenta a un recorrido de marte donde se plasman cráteres, diferentes tipos de rocas, clima, minerales, suelo, volcanes, satélites naturales, y los rovers que han sido enviados por la

NASA a Marte.

6. Mundo Virtual de la historia de los ferrocarriles de Apizaco, de Karen Joselyn Nicolas Lima y Marva Angélica Mora Lumbreras presenta un mundo virtual de la historia de los ferrocarriles de Apizaco.
7. TEAprende: Realidad Aumentada para Niños con TEA, módulos Ciencias Naturales, Biología Vegetal y Anatomía Humana de Raúl Alejandro Hernández Pérez y Marva Angélica Mora Lumbreras se centra en desarrollar una aplicación de Realidad Aumentada (RA) para niños con Trastorno de Espectro Autista (TEA) de 5 a 9 años, este artículo abarca 3 módulos: ciencias naturales básicas, biología vegetal básica y anatomía humana básica.

Les animo a leer cada artículo de la Revista Iztatl Computación para mantenerse informados de los desarrollos del área computacional de investigadores de nuestra universidad, esperando que en un futuro podamos contar con una investigación suya.

Marva Angélica Mora Lumbreras
Editora responsable



Índice

1. Estudio y categorización de técnicas basadas en datos para la detección de fallas en procesos
Irianely Ivonne Pérez Juárez, Brian Manuel González Contreras
9. Análisis del estado del arte de la simulación: Simulador de un humedal como herramienta de aprendizaje
Angelina Briones Cerezo, Marva Angélica Mora Lumbreras, Eneida Reyes Pérez.
15. Impacto del Redimensionamiento de Imagen y Métodos de Interpolación en el Rendimiento de un Sistema de Reconocimiento Facial
Francisco Gibrán García Candelario, Natividad Juárez González, José Aurelio Ramírez González y Francisco Javier Reyes Santamand
31. Videojuego “La Leyenda de Tlaxcallan”
Nelly Vázquez Medina, Víctor Lerma Salamán y Marva Angélica Mora Lumbreras
41. Mundo Virtual de Marte
María Isabel Zambrano Guzmán y Marva Angélica Mora Lumbreras
49. Mundo Virtual de la historia de los ferrocarriles de Apizaco
Karen Joselyn Nicolas Lima y Marva Angélica Mora Lumbreras
57. TEAprende: Realidad Aumentada para Niños con TEA, módulos Ciencias Naturales, Biología Vegetal y Anatomía Humana
Raúl Alejandro Hernández Pérez y Marva Angélica Mora Lumbreras



Estudio y categorización de técnicas basadas en datos para la detección de fallas en procesos

Irianelly Ivonne Pérez Juárez, Brian Manuel González Contreras

Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología,
Calzada Apizaquito s/n. C.P. 90300 Apizaco, Tlaxcala, México.
irianelypj@gmail.com, brianmanuel.gonzalez@uatx.mx
<http://www.uatx.mx/>

*Recibido 24 de abril de 2023, Aceptado 02 de mayo de 2023,
Versión final 18 de mayo de 2023*

Resumen Un proceso es una serie de actividades necesarias para lograr un resultado específico, los procesos pueden ser muy diversos desde tareas simples o ser significativamente complejos, involucrar una o varias herramientas, tecnologías e incluso personas. Existen varios factores que pueden intervenir durante la ejecución de un proceso e influir en el resultado, por lo que es necesario identificar las causas que generen alguna variación, con la finalidad de minimizar su impacto y en el mejor de los casos evitarla, puesto que dichos cambios pueden ocasionar pérdidas económicas, paros en el desarrollo de las actividades e incluso poner en riesgo la integridad física de las personas involucradas. En este artículo se presenta una investigación sobre la detección y diagnóstico de fallas a través del aprendizaje automático y métodos estadísticos e incluye definiciones y segmentos del estado del arte que integran el desarrollo de un proyecto de tesis doctoral.

Abstract A process is a series of activities necessary to achieve a specific result, processes can be as diverse as simple tasks or be significantly complex, involve one or several tools, technologies and even people. There are several factors that can intervene during the execution of the process and influence the

result, so it is necessary to identify the causes that generate any variation, in order to minimize its impact and in the best case avoid it, since such changes can cause economic losses, stoppages in the development of activities and even put at risk the physical integrity of the people involved. This article presents an investigation on the detection and diagnosis of failures through automatic learning and/or statistical methods and includes definitions and segments of the state-of-the-art that integrate the development of a doctoral thesis project.

Palabras Clave: Detección y diagnóstico de fallas, Diagnóstico basado en datos, Aprendizaje automático, Análisis estadístico multivariante, Aprendizaje supervisado y no supervisado.

Keywords: Fault Detection and diagnosis, Data driven diagnosis, Machine learning, Multivariate statistical analysis, Supervised and unsupervised learning.

1. Introducción

El sector industrial juega un papel importante en la economía de la sociedad en general y los procesos industriales son elementos básicos en el desarrollo de esta, por definición [1], un proceso industrial es una agrupación de transformaciones físicas, químicas, biológicas o una combinación de ellas, económicamente rentables, ambientalmente sostenibles y que se realizan sobre materias primas para convertirlas en un producto de mayor valor económico. A pesar de la implementación de normas, protocolos, etc., los procesos no están libres de fallas, y la detección de estas se han convertido en una necesidad, entre las principales razones se encuentran prevenir situaciones que pongan en riesgo vidas humanas, así como evitar pérdidas económicas. A continuación, se hará un estudio del estado del arte, los retos, perspectivas y limitaciones en la detección y diagnóstico de fallas en procesos industriales.

2. Marco Conceptual

Fallas

Las fallas son acciones internas e impredecibles que ocurren dentro del sistema, autogeneradas por el mal funcionamiento de uno o más componentes y que pueden llevar al mismo a un estado no deseado [2]. Por su parte, [3] considera como fallas a las salidas no deseadas, es decir, desviaciones del comportamiento normal de

dispositivos implicados en un proceso.

Proceso

Un proceso es una agrupación de transformaciones físicas, químicas, biológicas o una combinación entre ellas, económicamente rentables, ambientalmente sostenibles y que se realizan sobre materias primas dadas para convertirlas en un producto deseado que generalmente es de mayor valor económico [1].

Aprendizaje Automático

De acuerdo con [4] el Aprendizaje Automático consiste en “El estudio de algoritmos de computación que mejoran automáticamente su rendimiento gracias a la experiencia”. Por otro lado [5], lo define como “Una rama de la inteligencia artificial (IA) que se centra en desarrollar sistemas que aprenden, o mejoran el rendimiento, en función de los datos que consumen”.

Método Estadístico

El método estadístico es una serie de técnicas y procedimientos utilizados para recopilar, organizar, analizar e interpretar datos con el fin de obtener conclusiones y realizar inferencias sobre una población o fenómeno en particular. Estas técnicas involucran la aplicación de conceptos matemáticos y herramientas estadísticas para resumir y describir los datos, identificar patrones y tendencias, realizar estimaciones y pruebas de hipótesis y tomar decisiones basadas en la información obtenida [6].

3. Justificación del análisis del estado del arte

La industria en México y a nivel mundial es un sector de gran relevancia pues impacta de manera económica, social y laboral la zona donde se encuentra instalada. Sin importar el giro de la empresa, los procesos son parte fundamental en la industria, pero desafortunadamente, no están exentos de errores y una falla puede impactar de diferentes maneras, que pueden ir desde errores simples hasta errores que pongan en peligro la producción e incluso vidas humanas.

Es por esto que la presente investigación forma parte de un análisis fundamental para la tesis doctoral “Estudio y categorización de técnicas basadas en datos para la detección de fallas en proceso” que

busca detectar a través de un conjunto de datos las fallas en procesos multivariados, con la finalidad de identificar la naturaleza y localización de dichos errores.

4. Trabajos Relacionados

4.1 A review of data-driven fault detection and diagnosis methods: applications in chemical process systems

La investigación de [7] consiste en una recopilación y análisis de los métodos aplicados para la detección y diagnóstico de fallas (DDF) en sistemas de procesos químicos. En el documento se mencionan tres categorías que permiten la DDF, los métodos basados en modelos, basados en el conocimiento y basados en el historial del proceso, es decir, métodos basados en modelos exactos generalmente de tipo matemático, métodos basados en la experiencia de los usuarios y métodos basados en datos respectivamente [8]. De manera particular el estudio, centra su atención en los modelos basados en datos, puesto que, de acuerdo con los autores y algunas investigaciones, las herramientas tecnológicas han facilitado recopilar la información de manera rápida y segura de cualquier proceso, sin la necesidad de requerir conocimiento *a priori*, un ejemplo se tiene en [9] que usa los datos para la DDF en sistemas de turbinas de eólicas.

Los autores mencionan dos clasificaciones para la DDF: el análisis estadístico multivariante y métodos basados en el aprendizaje automático y hacen una interesante lista de más de 50 términos relacionados a estos temas entre ellos están redes bayesianas, análisis de la discriminante de Fisher, k-vecinos cercanos, análisis de componentes principales, máquinas de soporte vectorial, redes neuronales artificiales, entre otros.

4.2 Survey on data-driven industrial process monitoring and diagnosis

Los autores de [10] hacen un análisis sobre los métodos y aplicaciones relacionados a la DDF basados en datos que se emplearon a lo largo de dos décadas en el área industrial, usa herramientas estadísticas y aprendizaje automático para identificar las variaciones normales así como cambios anormales. El monitoreo estadístico de procesos (SPM) se ha implementado en procesos químicos, fabricación de polímeros, la siderurgia, redes de distribución de energía, entre otros.

A continuación, se listan una serie de pasos sugeridos para el SPM:

1. Detección de fallos.
2. Identificación o diagnóstico de fallos.
3. Reconstrucción de fallos que estima la magnitud del fallo, así como los valores libres de fallos.
4. Monitorización y control de la calidad de los productos.

De acuerdo con la investigación, los autores señalan que el uso de métodos multivariantes a las variables de los procesos se ha desarrollado desde finales de los años 80's y principios de los 90's documentados en diversas investigaciones.

4.3 A Review on Data-Driven Learning Approaches for Fault Detection and Diagnosis in Chemical Processes

En el documento de [11] se hace una investigación sobre la DDF en procesos químicos basados en datos usando métodos supervisados y no supervisados, los cuales son aplicables en diferentes tipos de industrias (petroquímica, siderurgia, energética, etc.). De acuerdo con las estadísticas, todos los días ocurren diferentes tipos de incidentes que ocasionan pérdidas económicas, daños físicos y humanos en diferentes rangos de gravedad, las estadísticas reflejan que el 70% de los errores son humanos. Los autores definen el término detección de fallos como la identificación de variables más relevantes para el fallo en un proceso, por otro lado, el diagnóstico de fallos se refiere a la determinación de la causa raíz y la correspondiente localización del fallo, es necesario considerar cada error detectado ya que el hecho de ignorarlo puede ocasionar otro fallo, un fallo tolerable puede convertirse en un fallo severo, y así sucesivamente hasta tener un fallo capaz de perturbar el sistema de manera general.

Data-driven diagnosis of PEM fuel cell: A comparative study

El uso de los datos para determinar el estado o comportamiento de un proceso es muy versátil, como se puede apreciar en el trabajo de [12], esta investigación realiza un diagnóstico de fallos de pilas de combustible de membrana electrolítica polimérica (PEMFC) a través de un conjunto de datos. Usa los datos para crear una clasificación de patrones mediante los siguientes pasos: etiquetado de datos de entrenamiento, extracción de características y clasificación de las características para determinar el diagnóstico de fallos.

A lo largo del tiempo, han surgido nuevas tecnologías que facilitan la vida del hombre pero además, en los últimos años se busca que dichas

aportaciones sean amigables con el medio ambiente, este es el caso de la PEMFC, sin embargo, existen dificultades que aún deben ser corregidas, es por esto que los autores de la investigación señalan la importancia de realizar un diagnóstico de fallas que permita a los usuarios tomar decisiones de manera segura con la finalidad de garantizar un resultado competente. La investigación usa la extracción de características y la clasificación para obtener la información de un conjunto de datos, para esta problemática se identifican tres características que son extraídas a través del análisis de componentes principales (PCA), el análisis de discriminación de Fisher (FDA), el análisis de componentes principales de kernel (KPCA) y el análisis de discriminación de Fisher de kernel (KFDA), también utiliza metodologías de clasificación como el modelo de mezcla gaussiana (GMM), k-Nearest Neighbor (kNN) y Support Vector Machine (SVM).

5. Estudio comparativo del estado del arte

Cada uno de los estudios mencionados en las secciones anteriores, aportan conceptos, definiciones, o conclusiones que han servido de manera considerable para esta investigación. Con la finalidad de ofrecer al lector una síntesis de los artículos consultados, se ha realizado un comparativo que se muestra en la Tabla 1.

Artículo	Área de aplicación	Clasificación del método	Algoritmos mencionados	Métodos sugeridos
A review of data-driven fault detection and diagnosis methods: applications in chemical process systems. [7]	Sistemas de procesos químicos.	Basado en datos.	Análisis estadístico multivariante, Aprendizaje automático, Análisis de componentes principales, Redes neuronales artificiales, Mínimos cuadrados parciales, Métodos de neurofuzzy, Análisis de componentes independientes, Máquina de soporte vectorial, Análisis discriminante de Fisher, Modelo de mezcla Gaussiana, k-vecino más cercano y Redes bayesianas.	Estadístico multivariante y aprendizaje automático.
Survey on data-driven industrial process monitoring and diagnosis. [10]	Industria.	Basado en datos.	Análisis de componentes principales, Análisis de componentes principales con kernel, Análisis de componentes independientes, Mínimos cuadrados parciales, Mínimos cuadrados parciales con kernel.	Métodos estadísticos.
A Review on	Procesos	Basado en datos.	Redes bayesianas, Bosques	Aprendizaje

Artículo	Área de aplicación	Clasificación del método	Algoritmos mencionados	Métodos sugeridos
Data-Driven Learning Approaches for Fault Detection and Diagnosis in Chemical Processes. [11]	químicos.		aleatorios, árboles de decisión, Vecinos cercanos, Análisis de la discriminante de Fisher, Redes neuronales artificiales, Máquinas de soporte vectorial.	Supervisado y no supervisado.
Data-driven diagnosis of PEM fuel cell: A comparative study. [12]	Procesos químicos.	Basado en datos.	Análisis de componentes principales, Análisis de componentes principales con kernel, Análisis de la discriminante de Fisher, k-vecinos cercanos, Máquinas de soporte vectorial	Aprendizaje supervisado.

Tabla 1. Tabla comparativa de los trabajos revisados.

6. Análisis del estado del arte con respecto a la tesis doctoral Técnicas basadas en datos para la detección de fallas en procesos

El análisis del estado del arte de cada uno de los artículos consultados hasta el momento de esta comparación, han aportado una gama interesante de aplicaciones para la DDF de fallos puesto que cualquier proceso está expuesto a presentar variaciones irregulares que generan resultados inesperados y que afectan la producción en diferentes escalas [11], [12], [9].

Además del área de aplicación, se han identificado algoritmos y metodologías principalmente de tipo estadístico y del área de inteligencia artificial que han proporcionado buenos resultados en la DDF [7], [10].

7. Conclusiones

Independientemente del giro de una empresa es necesario garantizar que todos los procesos se ejecuten de manera correcta, con la finalidad de evitar pérdidas económicas o paros en la producción además de asegurar la integridad física de las personas involucradas. De acuerdo con las investigaciones consultadas, existen diversos métodos que permiten la detección y diagnóstico de fallos, sin embargo, los métodos basados en datos son los más usados, pues dependen de la información que los mismos procesos generan [7], [10], [11], [12], por lo que es posible analizar y predecir su comportamiento usando de manera combinada los métodos estadísticos, el aprendizaje

automático, así como métodos supervisados y no supervisados.

Referencias

- [1] Rojas González, A. (2012). Fundamentos de procesos químicos. Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales.
- [2] Aranguren, S., Tarantino, R. (2009). Metodologías y tecnologías de detección y diagnóstico de fallas aplicadas a procesos industriales.
- [3] Sánchez, B., & Rojas, R. (2005). Fault detection and diagnosis using robust transition structures. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 28(1), 59-67.
- [4] Mitchell, T. M. (2007). *Machine learning* (Vol. 1). New York: McGraw-Hill.
- [5] ¿Qué es el aprendizaje automático? (s. f.). Oracle México. <https://www.oracle.com/mx/artificial-intelligence/machine-learning/what-is-machine-learning/>.
- [6] Johnson, R. A., & Bhattacharyya, G. K. (2010). *Métodos estadísticos aplicados* (6.a ed.). Ediciones Díaz de Santos.
- [7] Md Nor, N., Che Hassan, C. R., & Hussain, M. A. (2020). A review of data-driven fault detection and diagnosis methods: applications in chemical process systems. *Reviews in Chemical Engineering*, 36(4), 513-553. <https://doi.org/10.1515/revce-2017-0069>.
- [8] Venkatasubramanian V., Rengaswamy R., Yin K., Kavuri S. (2003). "A review of process fault detection and diagnosis Part I, II and III". *Computers and Chemical Engineering* Vol. 27, pp. 293-311.
- [9] Yin, S., Wang, G., & Karimi, H. R. (2014). Data-driven design of robust fault detection system for wind turbines. *Mechatronics*, 24(4), 298-306. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2013.11.009>.
- [10] Qin, S. J. (2012). Survey on data-driven industrial process monitoring and diagnosis. *Annual Reviews in Control*, 36(2), 220-234. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2012.09.004>.
- [11] Taqvi, S. A. A., Zabiri, H., Tufa, L. D., Uddin, F., Fatima, S. A., & Maulud, A. S. (2021). A Review on Data-Driven Learning Approaches for Fault Detection and Diagnosis in Chemical Processes. *ChemBioEng Reviews*, 8(3), 239-259. <https://doi.org/10.1002/cben.202000027>.
- [12] Li, Z., Outbib, R., Hissel, D., Giurgea, S. (2014). Data-driven diagnosis of PEM fuel cell: A comparative study. *Control Engineering Practice*, 28, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2014.02.019>.



Análisis del estado del arte de la simulación: Simulador de un humedal como herramienta de aprendizaje

Angelina Briones Cerezo, Marva Angélica Mora Lumbreras,
Eneida Reyes Pérez

Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología
Calzada Apizaquito S/N, No. C.P 90300, Tlaxcala, México
angelina.briones@uttlaxcala.edu.mx, marvaangelica.moral@uatx.mx,
eneida.reyes@uatx.com
<http://www.uatx.mx/>

*Recibido 16 de mayo de 2023, Aceptado de 26 de mayo de 2023,
Versión final 02 de junio de 2023*

Resumen El uso de simuladores virtuales ha revolucionado el proceso de enseñanza - aprendizaje al proporcionar escenarios realistas y seguros con la finalidad de que los estudiantes desarrollen y adquieran habilidades. En este artículo se presenta el análisis del estado del arte sobre simuladores como herramienta de aprendizaje.

Abstract. The use of virtual simulators has revolutionized the teaching and learning process by providing realistic and safe scenarios for students to practice and acquire skills. This article reviews concepts of the wetlands simulators as a learning tool.

Palabras Clave: Simulación, Humedal, Educación.

Keywords: Simulation, Wetland, Education.

1. Introducción

En este artículo se presenta el análisis del Estado Arte del proyecto “Diseño de un simulador de un humedal artificial de flujo subsuperficial, como herramienta didáctica”, como una herramienta de apoyo para que los estudiantes aprendan, comprendan y conozcan la importancia de los humedales, definiendo los conceptos de Simulación virtual y Humedales Artificiales, realizando un análisis cronológico de los trabajos realizados en el desarrollo de la Simulación en el proceso enseñanza - aprendizaje.

2. Definiciones de Simulación Virtual y Humedales Artificiales

La simulación se define como el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y concluir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema [1]. Mientras que Virtual según el diccionario de la Real academia española, desde la perspectiva de la física: “Que tiene existencia aparente y no real “, desde la perspectiva informática virtual: “Que está ubicado o tiene lugar en línea, generalmente a través de internet “[2].

Tomando como referencia las definiciones anteriores se concluye que la Simulación Virtual es una aplicación, mediante la cual se puede recrear o modelar un objeto, para analizar su comportamiento y evaluar varias estrategias con las que puede operar.

Un humedal es definido como “Terreno de aguas superficiales o subterráneas de poca profundidad” [2]. Los humedales son una parte integral de la configuración soci ecológica de la tierra, pero su rápida transformación exige una cuidadosa consideración [3]. Los Humedales Artificiales son sistemas que simulan las condiciones de un humedal natural, estos sistemas se encuentran en un medio semiterrestre con alto porcentaje de humedad y vegetación [4].

3. Simuladores y su aplicación en el proceso de enseñanza-aprendizaje

Los simuladores son una herramienta importante en el proceso de enseñanza aprendizaje, es importante conocer la relación que tienen los simuladores y los humedales, más específicamente de los humedales artificiales subsuperficial de flujo horizontal, donde el

usuario puede llevar a cabo un aprendizaje.

3.1 Los Simuladores y Humedales

En el trabajo de Brown en 2004, los depósitos a la deriva del trazador de aspersión se midieron en un área de humedal simulada bajo diferentes condiciones de velocidad del viento y ancho de la zona de amortiguamiento. También se evaluó el efecto de un cortaviento artificial en el borde contra el viento del humedal simulado [5]. Un modelo hidrodinámico de 3D del humedal del río cruces: calcula el tiempo de residencia utilizando MOHID, el sistema resuelve las ecuaciones primitivas incompresibles, usando como supuesto el equilibrio hidrostático y utilizando la aproximación de Boussinesq y Reynolds [6]. La simulación en un steam gráfico como representador de la biodiversidad en el Humedal de Córdoba propone un sistema gráfico mediante el diseño de un prototipo de aplicación interactiva y de esta manera, la simulación y la realidad virtual acerquen a los jóvenes, adultos y a la comunidad en general, a una realidad más interactiva, que logre una percepción más real de la importancia de este ecosistema a través de un prototipo de aplicación digital para dispositivos móviles [7]. En 2017 Yang, propone las pruebas de trazadores conservadores y el software de dinámica de fluidos computacional (CFD) Fluent 6.3, en este estudio se analiza el efecto de la obstrucción en el comportamiento hidráulico en un sistema experimental de humedal construido de flujo vertical [8]. El simulador Hydrus-2D, simula el movimiento del agua en el suelo de un humedal [9]. Otra aplicación es el Modelos de optimización basado en la simulación de riesgo para la reasignación de humedales en la llanura aluvial de Yongding, China en el año 2021 [10]. Debido a la complejidad de los ecosistemas de los humedales, tienen una amplia zona de tierra, agua y una variedad de composición vegetal, Shen Lu en 2023 propone un modelo virtual, íntegra tecnología de recopilación de datos de vehículos aéreos no tripulados y tecnología de información geográfica con modelado 3D tridimensional. Propone un flujo de trabajo de constructivismo con escenas de humedales virtuales basado en motores de juego para el modelado rápido [11]. Xukun Wu en 2023, diseña y traza un paisaje utilizando la ecología verde como soporte y la tecnología digital como motor para mejorar la construcción del entorno ecológico y la gestión de los recursos de los humedales. Con base en las plataformas de software paramétrico de 3D Max, Grasshopper y ArcGIS, se realizó la simulación 3D y el diseño de paisajes de comunidades de plantas para obtener la evaluación objetiva de los patrones de paisajes del esquema de diseño [12].

3.2 Simuladores de Humedales Artificiales Subsuperficiales de Flujo Horizontal.

En 2011 Wang, propone un modelo numérico tridimensional para modelar el transporte de fósforo total (TP) en el humedal artificial de Flujo Subsuperficial Horizontal (HSSF) y flujo Subsuperficial Ondulado (WSSF) [13]. Los humedales artificiales (CW) son una tecnología prometedora para tratar el agua contaminada con pesticidas [14]. Cuervo en 2017, diseño el modelamiento de un Humedal Artificial Subsuperficial de Flujo Horizontal para el tratamiento de aguas residuales, realizó la modelación hidráulica de la calidad de aguas residuales, de un humedal artificial de flujo subsuperficial, el transporte y reacción de contaminantes a través del ajuste de los paquetes computacionales MODFLOW 2005 y el paquete de MT3DMS incluidos en el software con la interfaz MODEL MUSE y el modelado de las interacciones con el medio. Los humedales artificiales de flujo subsuperficial son una alternativa viable para el tratamiento de aguas residuales, la simulación con el software Modelmuse y con los paquetes MODFLOW y MT3DMS logró simular las condiciones hidráulicas del humedal artificial, del software simulando un caso real. [15].

3.3 Aplicación de simuladores en el proceso de enseñanza - aprendizaje

La aplicación de simuladores en el proceso de enseñanza es variada, puede ir desde el entrenamiento para prevenir los riesgos de errores en cirugía laparoscópica [16]. Así mismo un simulador permite a los estudiantes situarse en una actividad científica real y reducir significativamente el tiempo requerido para realizar experimentos de laboratorio reales, que pueden durar de cinco a siete horas. Además, permite la implementación de experimentos costosos que serían imposibles de realizar [17]. Ou en 2021, desarrolló una tecnología panorámica VR 360 para desarrollar un sistema ecológico de humedal virtual para aplicaciones en educación ambiental. El sistema proporciona un entorno de humedal virtual para la exploración autónoma, donde el usuario puede llevar a cabo un aprendizaje basado en consultas mediante "cardboard VR" para obtener información y conceptos esenciales en la protección ecológica [18]. Los simuladores virtuales se pueden utilizar para una variedad de propósitos, entre los que se incluyen diseño y planificación, por otro lado se utiliza para probar diferentes diseños y configuraciones de un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal antes de construirlo en el mundo real. Un simulador virtual de humedales artificiales

también se puede utilizar para investigar el funcionamiento de los humedales y cómo se ven afectados por diferentes factores ambientales. Respecto a la aplicación en la educación, el simulador virtual también puede ser utilizado como una **herramienta educativa para enseñar a los estudiantes sobre el funcionamiento de los humedales artificiales**.

4. Conclusiones

Un simulador virtual de un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal permitirá a los diseñadores, probar diferentes parámetros, variables y ajustarlos según sea necesario antes de que sean construidos. Finalmente es una herramienta de apoyo para el aprendizaje usuario- interfaz, que permite simulaciones de manera gráfica o real.

Referencias.

1. Coss Bu Raúl. (2017). Simulació_Un_enfoque_Práctico_Raul_COSS.
2. DREA, (2014.). REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, Retrieved May 26, 2023, from <https://dle.rae.es/>
3. Alberto, W., Chafloque, L., & Guadalupe Gómez, E. (2006). A design of an artificial marsh for treating waste water in the UNMSM, 15, 1628–8097.
4. García Murillo Javier, A. C. M. V. D. É. (n.d.). Diseño de prototipo de simulador para entrenamiento en cirugía laparoscópica.
5. Brown, R. B., Carter, M. H., & Stephenson, G. R. (2004). Buffer zone and windbreak effects on spray drift deposition in a simulated wetland. *Pest Management Science*, 60(11), 1085–1090. <https://doi.org/10.1002/ps.926>
6. Tironi-Silva, A., Marín, V. H., & Delgado, L. E. (2014). Un modelo Hidrodinámico 3D del humedal del Río Cruces: cálculo del tiempo de residencia utilizando MOHID. *Aqua-LAC*, 6(2), 50–57. <https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2014-v6-2-05>
7. Acosta Gómez Daniel Andrés. (n.d.). Simulación en un sistema gráfico como representador de la biodiversidad en el Humedal de Córdova.
8. Yang, M., Lu, M., Bian, H., Sheng, L., & He, C. (2017). Effects of clogging on hydraulic behavior in a vertical-flow constructed wetland system: A modeling approach. *Ecological Engineering*, 109, 41–47. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.09.010>
9. Dorta Estévez, A. (2019). Evaluación del modelo Hydrus-2D para la simulación del movimiento del agua en el suelo de un cultivo intensivo de plátanos en el Norte de Tenerife. Retrieved from <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/16188>
10. Zeng, X., Zhang, S., Li, T., Xue, Y., Zhao, J., Fu, Y., ... Zhang, J. (2021). A risk-simulation based optimization model for wetland reallocation on Yongding floodplain, China. *Ecological Indicators*, 123, 107342. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107342>
11. Lu, S., Fang, C., & Xiao, X. (2023). Virtual Scene Construction of Wetlands: A Case Study of Poyang Lake, China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/ijgi12020049>

12. Wu, X. (2023). The digital landscape design and layout of wetlands based on green ecology. *Energy Reports*, 9, 982–987. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.11.198>
13. Wang, J., Huang, S., He, C., & NG, C.-O. (2011). Numerical analysis of the performance of horizontal and wavy subsurface flow constructed wetlands. *Journal of Hydrodynamics*, Ser. B, 23(3), 339–347. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1001-6058\(10\)60121-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1001-6058(10)60121-7)
14. Lyu, T., Zhang, L., Xu, X., Arias, C. A., Brix, H., & Carvalho, P. N. (2018). Removal of the pesticide tebuconazole in constructed wetlands: Design comparison, influencing factors and modeling. *Environmental Pollution*, 233, 71–80. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.10.040>
15. Cuervo Aponte Cristhian David; Hernández Espinoza Miguel Ángel. (2017). Diseño y modelado de un humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal para tratamiento. Universidad de Cundinamarca.
16. García Murillo Javier, A. C. M. V. D. É. (2011.). Diseño de prototipo de simulador para entrenamiento en cirugía laparoscópica.
17. Reyes Lazaide Arturo, R. M. M. P. B. M. E. (n.d.). Experimentación virtual con el simulador dosis-respuesta como herramienta docente en biología. Apertua.
18. Ou, K. L., Chu, S. T., & Tarng, W. (2021). Development of a virtual wetland ecological system using VR 360° panoramic technology for environmental education. *Land*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/land10080829>



Impacto del Redimensionamiento de Imagen y Métodos de Interpolación en el Rendimiento de un Sistema de Reconocimiento Facial

Francisco Gibrán García Candelario, Natividad Juárez González,
José Aurelio Ramírez González ¹, Francisco Javier Reyes
Santamand ²

¹ Tecnológico Nacional de México, campus Acayucan.
Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales
Carretera Costera del Golfo km. 216.4, Colonia Agrícola Michapan, C.P. 96100, Acayucan,
Veracruz, México

² Tecnológico Nacional de México, campus Cosamaloapan.
División de Ingeniería en Sistemas Computacionales
Avenida Tecnológico S/N, Colonia Los Ángeles, C.P. 95400, Cosamaloapan, Veracruz,
México.

¹ {gibrán.gc, natividad.jg, aurelio.rg}@acayucan.tecnm.mx

² javier.rs@itsco.edu.mx

¹ <http://www.itsacayucan.edu.mx>

² <https://www.itsco.edu.mx>

*Recibido 14 de noviembre de 2022, Aceptado 16 de febrero de 2023,
Versión final 27 de febrero de 2023*

Resumen. En el proceso de reconocimiento facial es común redimensionar la imagen del rostro obtenida antes de procesarla. En este artículo se analiza el impacto del tamaño de redimensionamiento y del método de interpolación utilizado durante este proceso. Se efectuaron pruebas usando una aplicación web de elaboración propia, que realiza el reconocimiento facial mediante Python y OpenCV. Medimos el umbral y el tiempo de reconocimiento usando LBPH. Se encontró que el tamaño de redimensionamiento sí impacta en el rendimiento del sistema y que el método de interpolación de área es el que obtiene mejores resultados para un redimensionamiento de 128 x 128 píxeles.

Abstract. In the facial recognition process, is common resize the face image obtained before processing it. This article analyze the impact of resize and interpolation method used during this process. Tests were carried out using a self-made web application

that performs facial recognition using Python and OpenCV. We measured threshold and recognition time using LBPH. It was found that the resize impact system performance and that the area interpolation method is the one that obtains the best results for a resizing of 128 x 128 pixels.

Palabras Clave: Reconocimiento facial, LBPH, OpenCV, Redimensionamiento de imagen, Métodos de interpolación.

Keywords: Facial recognition, LBPH, OpenCV, Image resizing, Interpolation methods.

1. Introducción

En este trabajo se realiza un análisis del impacto que tiene el redimensionamiento de las imágenes tomadas a usuarios en un sistema de reconocimiento facial antes de ser procesadas por el modelo, así como de la elección del método de interpolación utilizado. Se realizan pruebas con 2 tamaños de redimensionamiento (64 x 64 y 128 x 128) y con cada uno de los métodos de interpolación disponibles (vecino más cercano, bilineal, bicúbica, Lanczos y área).

Reconocimiento facial

El reconocimiento facial es una solución atractiva frente a situaciones que requieran identificación o verificación de individuos [1], y tiene aplicaciones principalmente en campos como la biometría, los sistemas de control de acceso, los sistemas de seguridad y vigilancia, entre otros [2].

Uno de los métodos usados para realizar reconocimiento facial es LBPH (Local Binary Pattern Histogram). Éste es apropiado para la extracción de características de un rostro, pues describe la textura y estructura de una imagen [3].

El algoritmo LBP realiza una binarización de un segmento de la imagen, tomando como base un pixel central y sus pixeles vecinos, convirtiendo a estos en un código binario de 8 bits (ver Figura 1). Entonces, el método LBPH se utiliza para resumir todos los pixeles (menos los pixeles que están en los bordes de la imagen) y calcular un histograma [4].

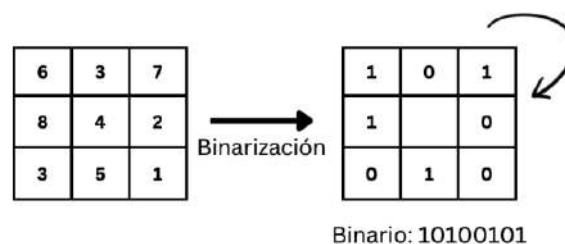


Figura 1. Binarización de un segmento de imagen

Entre las ventajas de LBP se conocen su tolerancia a los cambios de iluminación monótona y su simplicidad computacional. Ahora bien, LBP es sensible a cambios severos de iluminación (sombras y puntos brillantes o dirección de iluminación), y a las imágenes borrosas o ruidosas (causadas por mala calidad de la cámara o por no contar con la cooperación del usuario cuando se captura la imagen) [5].

Una forma práctica de utilizar LBPH es a través de la Biblioteca de visión artificial de código abierto OpenCV. Esta biblioteca contiene más de 2500 algoritmos, entre los que se encuentran algoritmos de aprendizaje automático y visión por computadora clásicos y de última generación, incluidos los que se utilizan para detectar y reconocer rostros [6].

El módulo utilizado para acceder a una implementación de LBPH se denomina Face. Este módulo consta de una clase base llamada face, de la que deriva la clase LBPHFaceRecognizer (ver Figura 2) [7].

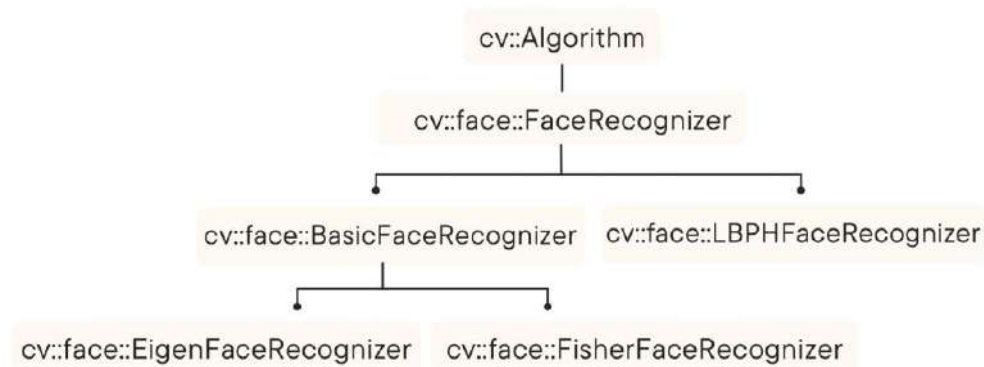


Figura 2. Módulos de la clase FaceRecognizer en OpenCV

La clase LBPHFaceRecognizer nos permite ajustar los parámetros de radius, neighbors, grid_x y grid_y.

El parámetro radius es utilizado para construir el patrón binario local circular. Cuanto mayor sea el radio, más suave será la imagen, y podrá obtener más información espacial. El parámetro neighbors representa el número de puntos de muestra para construir un patrón binario local circular. Cuantos más puntos de muestra haya, mayor será el costo computacional. Los parámetros grid_x y grid_y representan el número de celdas en dirección horizontal y vertical, respectivamente. Cuantas más celdas, más fina es la cuadrícula, y mayor es la dimensionalidad del vector de características resultante.

Estos parámetros utilizan 1,8,8,8, en sus valores por defecto, respectivamente. De acuerdo con el estudio realizado por [8], estos

valores son ideales para la precisión y el tiempo de ejecución, por lo que son los que utilizaremos en nuestro caso.

2. Descripción de la Aplicación

Se muestra a continuación el módulo de la aplicación elaborada que realiza la captura inicial de fotografías a un nuevo usuario o a un usuario ya registrado (ver Figura 3). Se toman 30 fotografías por cada usuario. La aplicación guarda estas fotografías en las carpetas identificando a cada una por medio de su usuario. Estas carpetas posteriormente son utilizadas para entrenar los diferentes modelos de reconocimiento facial.

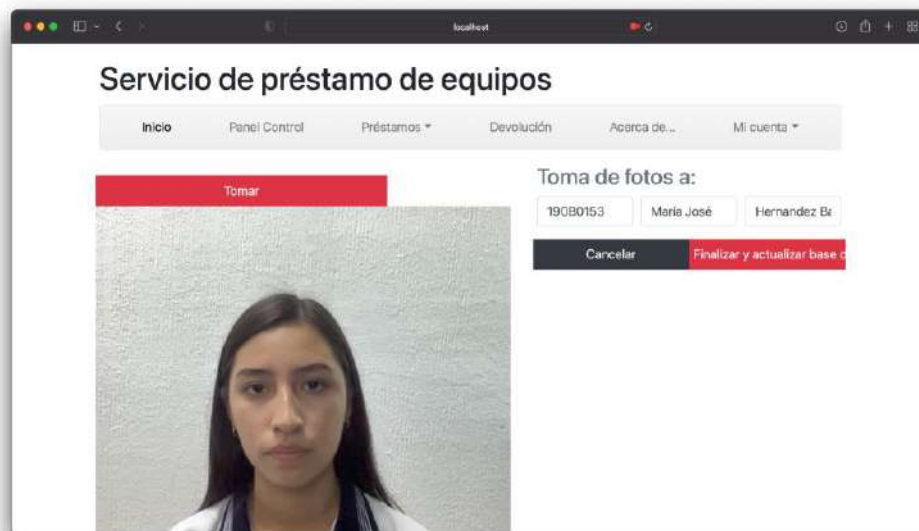


Figura 3. Módulo de toma de fotografías a nuevo usuario

En la Figura 4 se puede apreciar la interfaz de usuario del módulo de "Préstamo de equipo". Este módulo tiene el objetivo de identificar a los usuarios registrados por medio del reconocimiento facial para brindarles el servicio de préstamo de equipo. La aplicación requiere que se capture la imagen del participante voluntario para generar una búsqueda con el fin de verificar la identidad del individuo y mostrar sus datos de registro.

En esta sección se probaron cada uno de los modelos de reconocimiento facial, siendo esta la que se utilizará para realizar los registros de préstamo de equipos cuando el sistema esté en funcionamiento.

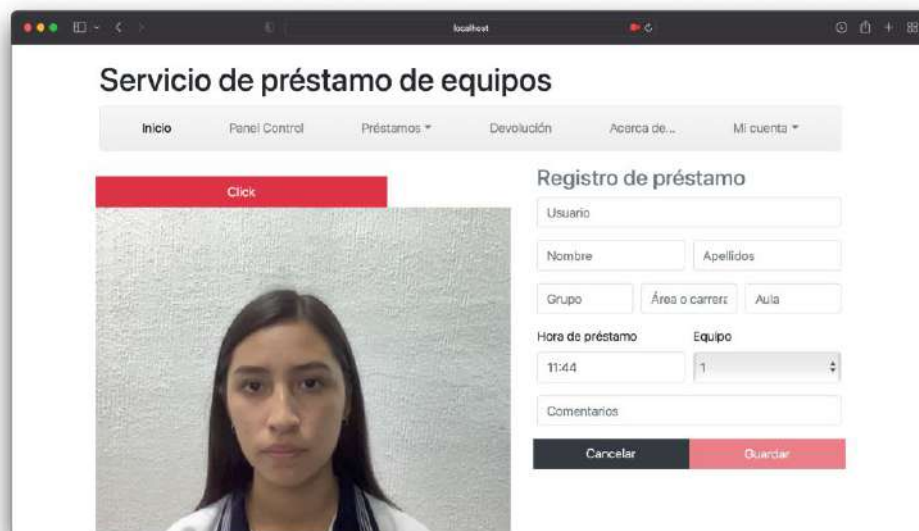


Figura 4. Módulo que realiza el reconocimiento facial para registrar el préstamo de un equipo

En la Figura 5 se muestra la salida del módulo `api.py` de elaboración propia. Esta API recibe las imágenes que toma la aplicación web y ejecuta el reconocimiento usando uno de los modelos entrenados. Se tomó nota de los datos arrojados por este módulo para su posterior análisis.

```

cuentas — hug -f api.py — 81x22

-----
Clave de etiqueta obtenida: 13
Umbral: 126.16331586833728
Etiqueta obtenida: 19080161
Tiempo de reconocimiento: 50.15969276428223 ms.
-----
127.0.0.1 - - [07/Nov/2022 09:26:53] "POST /recognizer_nearest64 HTTP/1.1" 200 60
-----
Clave de etiqueta obtenida: 13
Umbral: 124.86026550630378
Etiqueta obtenida: 19080161
Tiempo de reconocimiento: 50.370216369628906 ms.
-----
127.0.0.1 - - [07/Nov/2022 09:26:55] "POST /recognizer_nearest64 HTTP/1.1" 200 60
-----
Clave de etiqueta obtenida: 13
Umbral: 125.98763148386509
Etiqueta obtenida: 19080161
Tiempo de reconocimiento: 54.81100082397461 ms.
-----
127.0.0.1 - - [07/Nov/2022 09:26:58] "POST /recognizer_nearest64 HTTP/1.1" 200 60
-----

```

Figura 5 Salida del módulo `api.py`

En la Figura 5, la etiqueta obtenida es el número de alumno o de personal, el tiempo de reconocimiento está medido en milisegundos, y el valor de umbral, es el que devuelve OpenCV, entre menor sea este valor, más probable es que la etiqueta obtenida sea la correcta.

3. Conceptos Básicos

Redimensionamiento de una imagen

El redimensionamiento de una imagen es un procedimiento común en muchas aplicaciones de procesamiento de imágenes. Consiste en cambiar el tamaño de la imagen origen a un tamaño de destino [9]. El redimensionamiento se puede aplicar ampliando la imagen (upsampling), o reduciéndola (downsampling).

Para mejorar el tiempo de reconocimiento facial, muchas veces podemos optar por reducir el tamaño de la imagen obtenida a través de la cámara, de manera que estamos hablando de una reducción de escala de la imagen (o downsampling). En la reducción, el proceso consiste en eliminar píxeles. [10] menciona que es importante elegir un método de reducción de escala apropiado que produzca un mejor valor de Índice de similitud estructural.

No se encontró, durante la revisión bibliográfica, un tamaño objetivo estándar para redimensionar o reducir la imagen antes del entrenamiento de un modelo de reconocimiento facial. Por ejemplo: [11] hace redimensionamiento de 224 x 224 píxeles; [12] usan 227 x 227; [13] usan 220 x 220; [14] y [15] usan 100 x 100.

En este estudio se harán pruebas utilizando las siguientes dimensiones: 64 x 64 y 128 x 128 píxeles.

Métodos de interpolación

La interpolación de imágenes se utiliza en diversas tareas de procesamiento de imágenes digitales, incluido el escalado de imágenes, la deformación de imágenes y la restauración de imágenes [16].

En OpenCV se tienen los siguientes métodos de interpolación [10]:

INTER_NEAREST o interpolación de vecino más cercano es el método más sencillo que consiste en reemplazar los píxeles faltantes con el píxel vecino más cercano. El kernel de interpolación está definido por (1):

$$h(x) = \begin{cases} 1 & 0 \leq |x| < 0.5 \\ 0 & 0.5 \leq |x|, \end{cases} \quad (1)$$

INTER_LINEAR o interpolación bilineal, es la interpolación utilizada de manera predeterminada por OpenCV. Este método se utiliza para

encontrar el valor de un píxel desconocido utilizando los valores de los cuatro píxeles vecinos más cercanos. En el caso de reducción de escala el método se usa para determinar el píxel que se eliminará. El kernel de interpolación se define por (2):

$$h(x) = \begin{cases} 1 - |x| & 0 \leq |x| < 1 \\ 0 & 1 \leq |x|, \end{cases} \quad (2)$$

INTER_CUBIC realiza una interpolación bicúbica (interpolación cúbica sobre 2 dimensiones) sobre un vecindario de 4 x 4 píxeles. Utiliza una derivada polinomial de tercer grado. Proporciona menos distorsión de interpolación que bilineal y que vecino más cercano, con menor velocidad de ejecución. Su kernel de interpolación se define como (3):

$$h(x) = \begin{cases} (a+2)|x|^3 - (a+3)|x|^2 + 1 & 0 < |x| < 1 \\ a|x|^3 - 5a|x|^2 + 8a|x| - 4a & 1 < |x| < 2 \\ 0 & 2 < |x|, \end{cases} \quad (3)$$

INTER_LANCZOS4 o interpolación Lanczos es usada para interpolar suavemente el valor de una imagen digital entre sus muestras. Tiene las mejores propiedades en términos de conservación de detalles. El número de píxeles vecinos a considerar varía según el orden del núcleo. Cuando el orden es 2, la cantidad de píxeles vecinos es de 16, si es 3, se utilizan 36 [17]. La fórmula (4) muestra su kernel de interpolación.

$$L(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x = 0 \\ \frac{(\text{asinc}(\pi x) \sin(\frac{\pi x}{a}))}{\pi^2 x^2} & \text{if } -a < |x| < a \\ 0 & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (4)$$

INTER_AREA o interpolación de área de píxeles realiza operaciones diferentes dependiendo de cuánto escalado se requiera. Si el ancho y alto son reducidos a la mitad, **INTER_LINEAR** viene siendo lo mismo que **INTER_AREA**. Cuando la imagen es más grande **INTER_AREA** es bilineal.

4. Métodos

Se seleccionaron participantes voluntarios para realizar las diversas pruebas, tomando un conjunto de 30 fotografías por persona.

Se generaron los modelos de reconocimiento facial usando como base nuestro propio modelo entrenado [18] obteniendo 10 nuevos

modelos, como se muestra en la Tabla 1:

Tamaño de redimensionamiento	Método de interpolación	Tamaño en MB del modelo
64x64	Nearest	18.2
64x64	Bilineal	18.1
64x64	Bicúbica	18.2
64x64	Lanczos	18.2
64x64	De área	17.6
128x128	Nearest	25.9
128x128	Bilineal	25
128x128	Bicúbica	25.8
128x128	Lanczos	25.9
128x128	De área	24.3

Tabla 1. Modelos de reconocimiento facial puestos a prueba

Se probó cada uno de los modelos con los voluntarios en diferentes momentos, usando la aplicación en la que se utilizará el reconocimiento facial, midiendo los parámetros de umbral de reconocimiento y tiempo de ejecución. Se hicieron 5 pruebas de reconocimiento por cada persona, por cada uno de los modelos. Se promediaron los valores obtenidos de cada una de las pruebas.

El equipo que se utilizó para realizar las pruebas fue una computadora MacBook Pro, 13 pulgadas, Chip Apple M2, 2022, memoria de 8 GB, con sistema operativo MacOS Monterey versión 12.4.

La cámara que se utilizó para tomar las imágenes para entrenamiento y las imágenes para las pruebas fue FaceTime HD 720p.

El software toma imágenes a un tamaño de 520x520 y las envía a la API desarrollada que redimensiona la imagen al tamaño con el que se harán las pruebas y usando un determinado método de interpolación. La API usa el modelo entrenado bajo ese tamaño de redimensionamiento y ese método de interpolación, calcula el tiempo de ejecución y el umbral de reconocimiento.

5. Resultados y Pruebas

La medición de los datos de umbral de reconocimiento obtenidos al hacer pruebas con redimensionamiento a 64 x 64 y 128 x 128 fueron los mostrados en las Tablas 2, 3 y 4

Persona	LINEAR	CUBIC	NEAREST	AREA	LANCZ04
Gómez Santos Aldo Alfonso	101.87	97.02	95.528	98.292	115.128
González Ángel Daniel.	106.16	107.77	122.568	107.278	121.104
Hernández B. María José.	92.90	97.97	96.452	91.672	102.026
Hernández Lino Christian Iván	121.03	116.84	126.674	114.5056	118.784
Pablo Reyes Jorge Luis	95.54	97.87	110.588	110.8	115.248
Morugares Prieto Diana	100.66	108.69	109.712	99.204	91.814
Rodríguez G. Alfredo de J.	92.20	99.29	100.42	94.246	97.694
Natividad Juárez González	86.33	92.03	104.652	108.04	107.06
PROMEDIOS	99.59	102.18	105.70	103.00	107.68

Tabla 2. Umbral de reconocimiento para redimensionamiento a 64 x 64 pixeles

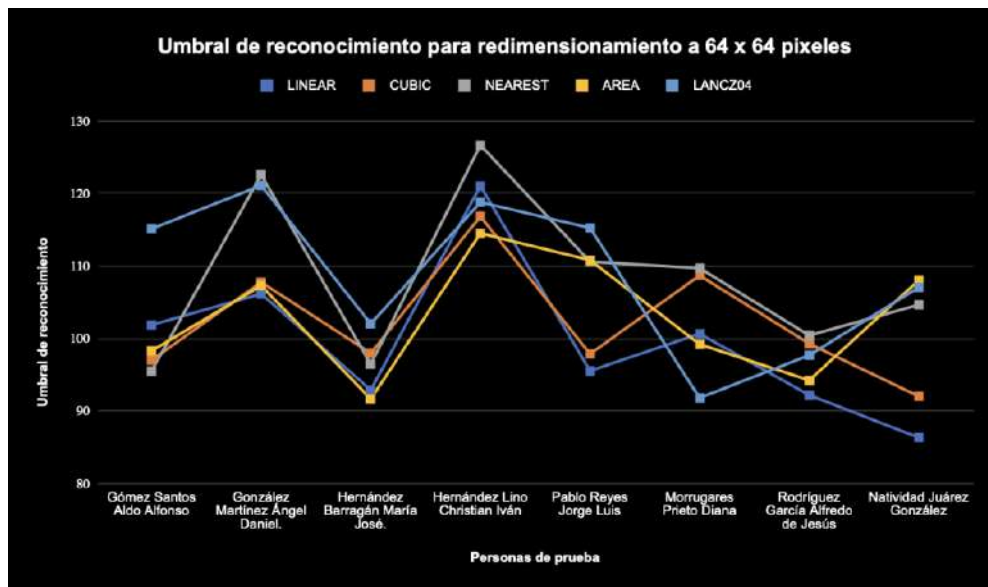


Figura 6. Umbral de reconocimiento para redimensionamiento a 64 x 64 pixeles

En la figura 6 se observan los resultados obtenidos por cada uno de los métodos de interpolación, midiendo el valor de umbral cuando el redimensionamiento es de 64x64 pixeles.

En el gráfico se representan los valores promedios de las 5 pruebas realizadas para cada persona.

El mejor resultado lo aporta el método Linear con un valor promedio de **99.59**

Persona	LINEAR	CUBIC	NEAREST	AREA	LANCZ04
Gómez Santos Aldo Alfonso	59.256	62.054	59.55	56.6478	58.564

González. Ángel Daniel.	80.738	64.73	63.086	60.508	66.242
Hernández B. María José.	57.514	54.178	60.182	58.008	63.054
Hernández Lino Christian Iván	68.272	68.786	72.42	71.262	76.525
Pablo Reyes Jorge Luis	69.304	71.582	69.448	65.434	67.472
Morrugares Prieto Diana	71.432	67.082	69.08	67.406	69.55
Rodríguez G. Alfredo de J.	55.082	63.736	57.838	53.464	56.114
Natividad Juárez González	62.242	63.864	66.058	68.1	70.854
PROMEDIOS	65.48	64.5015	64.70775	62.60372	66.04687

Tabla 3. Umbral de reconocimiento para redimensionamiento a 128 x 128 pixeles

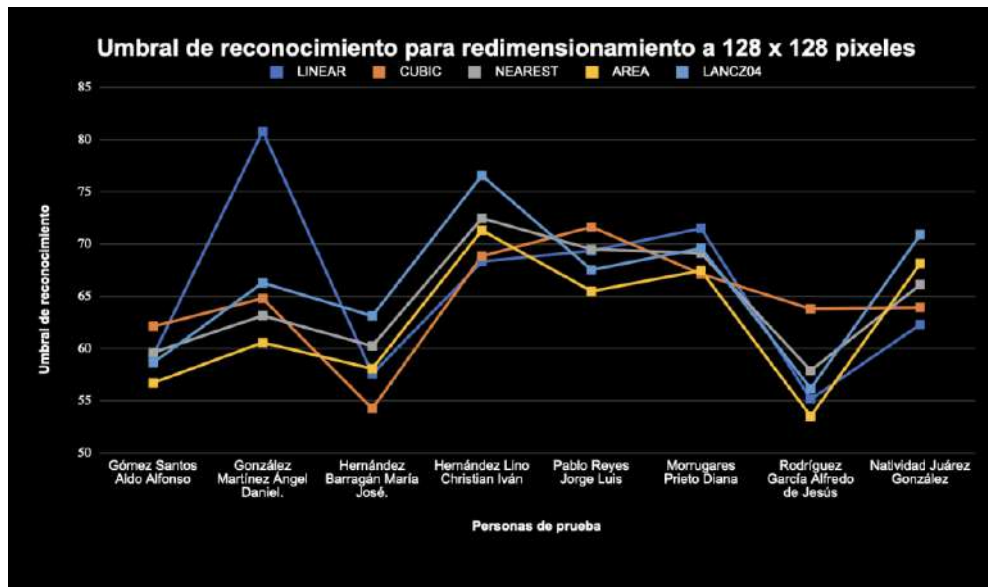


Figura 7. Umbral de reconocimiento para redimensionamiento a 128 x 128 pixeles

En la figura 7 se observan los resultados obtenidos por cada uno de los métodos de interpolación, midiendo el valor de umbral cuando el redimensionamiento es de 128x128 pixeles.

En el gráfico se representan los valores promedios de las 5 pruebas realizadas para cada persona.

El mejor resultado lo aporta el método Área con un valor promedio de **62.60**

Tamaño de redimensionamiento	LINEAR	CUBIC	NEAREST	AREA	LANCZ04
64 x 64	99.59	102.18	105.70	103.00	107.68
128 x 128	65.48	64.50	64.71	62.60	66.05

Tabla 4. Resultados generales de umbral de reconocimiento



Figura 8. Resultados generales de umbral de reconocimiento

En la figura 8 se comparan los promedios obtenidos entre el tamaño de redimensionamiento de 64x64 píxeles frente al de 128x128 píxeles.

Se aprecia como el tamaño de redimensionamiento sí impacta en los resultados. Entre más bajo es el valor de umbral mejores son los resultados de reconocimiento facial.

Los datos obtenidos con relación al tiempo de reconocimiento de las pruebas anteriores fueron los mostrados en las Tablas 5, 6 y 7. La medición se indica en milisegundos.

Persona	LINEAR	CUBIC	NEAREST	AREA	LANCZ04
Gómez Santos Aldo Alfonso	70.6	70.0	55.5	53.8	55.6
González. Ángel Daniel.	69.9	72.7	57.2	54.6	56.9
Hernández B. María José.	70.7	70.0	54.8	54.2	58.6
Hernández Lino Christian Iván	69.7	70.7	49.7	53.2	52.7
Pablo Reyes Jorge Luis	69.5	71.0	53.8	53.5	53.6
Morruagares Prieto Diana	71.0	71.6	54.8	54.0	54.4
Rodríguez G. Alfredo de J.	69.8	71.9	54.7	53.6	56.4
Natividad Juárez González	69.5	70.0	54.9	54.5	55.7
PROMEDIOS	70.1	71.0	54.4	53.9	55.5

Tabla 5. Tiempo de reconocimiento para redimensionamiento a 64 x 64 píxeles

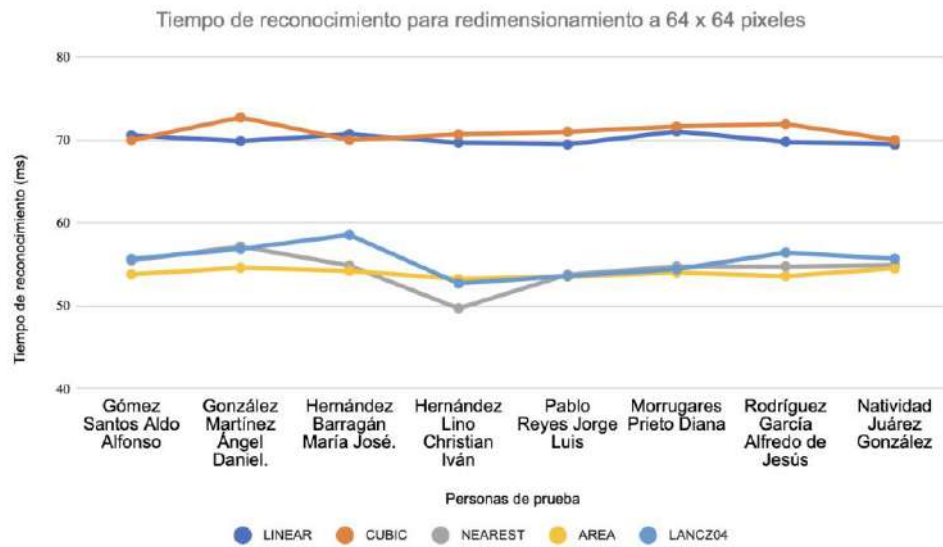


Figura 9. Tiempo de reconocimiento para redimensionamiento a 64 x64 píxeles

En la figura 9 se observan los resultados obtenidos por cada uno de los métodos de interpolación, midiendo el tiempo de reconocimiento cuando el redimensionamiento es de 64x64 píxeles.

En el gráfico se representan los valores promedios de las 5 pruebas realizadas para cada persona.

El mejor resultado lo aporta el método Área con un valor promedio de **53.9 milisegundos**

Persona	LINEAR	CUBIC	NEAREST	AREA	LANCZ04
Gómez Santos Aldo Alfonso	74.924	63.034	81.02	76.948	81.02
González. Ángel Daniel.	69.586	63.734	77.408	75.27	77.924
Hernández B. María José.	62.672	63.15	80.252	78.35	79.92
Hernández Lino Christian Iván	59.22	60.158	79.58666	76.42	80.835
Pablo Reyes Jorge Luis	60.092	62.19	76.362	74.714	80.306
Morrugares Prieto Diana	62.594	65.16	76.58	75.52	76.858
Rodríguez G. Alfredo de J.	62.476	65.402	77.022	76.344	79.516
Natividad Juárez González	61.572	64.07	78.644	76.646	79.854
PROMEDIOS	64.14	63.36	78.36	76.28	79.53

Tabla 6. Tiempo de reconocimiento para redimensionamiento a 128 x 128 píxeles

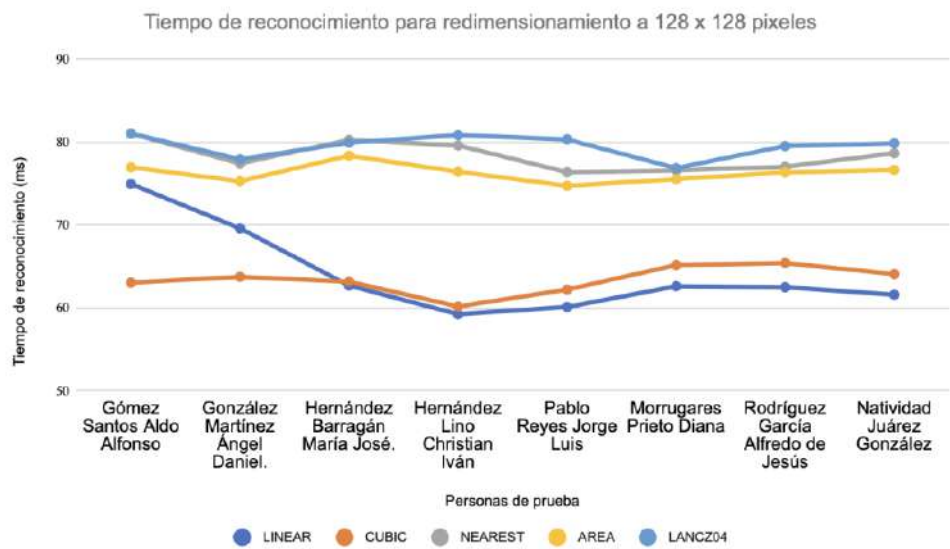


Figura 10. Tiempo de reconocimiento para redimensionamiento a 128 x 128 pixeles.

En la figura 10 se observan los resultados obtenidos por cada uno de los métodos de interpolación, midiendo el tiempo de reconocimiento cuando el redimensionamiento es de 128x128 pixeles.

En el gráfico se representan los valores promedios de las 5 pruebas realizadas para cada persona.

El mejor resultado lo aporta el método **Cubic** con un valor promedio de **63.36 milisegundos**

Tamaño de redimensionamiento	LINEAR	CUBIC	NEAREST	AREA	LANCZ04
64 x 64	70.07	70.99	54.35	53.93	55.46
128 x 128	64.14	63.36	78.36	76.28	79.53

Tabla 7. Resultados generales de tiempo de reconocimiento

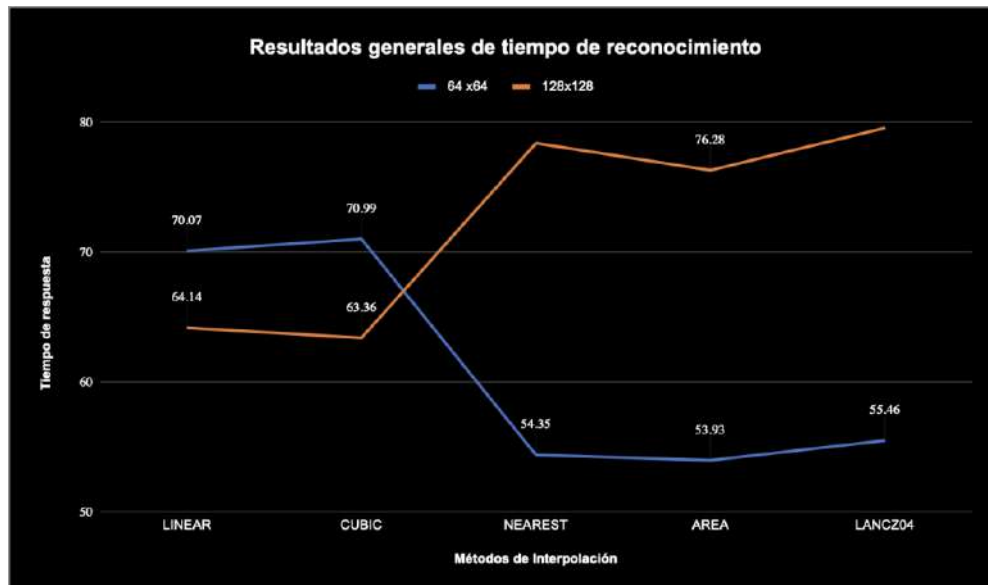


Figura 11. Resultados generales de tiempo de reconocimiento.

En la figura 11 se comparan los promedios obtenidos entre el tamaño de redimensionamiento de 64x64 píxeles frente al de 128x128 píxeles.

Se aprecia como el mejor tiempo promedio de reconocimiento se obtiene cuando el redimensionamiento es de 64x64 píxeles en el método Área con un valor de **53.93 milisegundos**. Esto es de esperarse ya que se trata de una imagen más pequeña con respecto al tamaño de 128x128 píxeles.

7. Conclusiones

Los resultados nos permiten concluir que el tamaño de redimensionamiento sí impacta en el rendimiento de un sistema de reconocimiento facial.

Los resultados obtenidos al redimensionar a 128 x 128 píxeles son mejores que al redimensionar a 64 x 64 píxeles. Además, el método que se utilice para interpolar también puede impactar, aunque a una menor escala. En este aspecto, el método Área es el que mejores resultados obtuvo en cuanto a umbral de reconocimiento (con una media de 62.60 y desviación estándar de 6.29). Sin embargo, Área no es el que presenta los mejores resultados en tiempo de reconocimiento en 128 x 128 píxeles, aunque la diferencia con el mejor resultado obtenido por el método de interpolación Cubic en un redimensionamiento de 128x128 píxeles es de solo 13 milisegundos.

Es por eso por lo que recomendamos el uso de un

redimensionamiento a 128 x 128 píxeles usando interpolación de área, aceptando un valor máximo de umbral de 69.

8. Agradecimientos

Agradecemos a los voluntarios que participaron en las pruebas de este estudio.

Damos nuestro agradecimiento también al departamento de Desarrollo Académico del TecNM campus Acayucan.

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México, campus Acayucan por las facilidades otorgadas en la realización de este artículo.

Referencias

- [1] Khorsheed, E. A., & Nayef, Z. A. (2022). Face Recognition Algorithms: A Review. *Academic Journal of Nawroz University*, 11(3), 202-207.
- [2] Lazarini, M. A., Rossi, R., & Hiram, K. (2022). A Systematic Literature Review on the Accuracy of Face Recognition Algorithms. *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things*, 8(30), e5-e5.
- [3] Abuzneid, M. A., & Mahmood, A. (2018). Enhanced human face recognition using LBPH descriptor, multi-KNN, and back-propagation neural network. *IEEE access*, 6, 20641-20651.
- [4] Yang, Z., & Ai, H. (2007, August). Demographic classification with local binary patterns. In *International Conference on Biometrics* (pp. 464-473). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [5] Huang, D., Shan, C., Ardabilian, M., Wang, Y., & Chen, L. (2011). Local binary patterns and its application to facial image analysis: a survey. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 41(6), 765-781.
- [6] OpenCV Team (2022). About OpenCV. <https://opencv.org/about/>
- [7] OpenCV.org (2022). FaceRecognizer Class Reference. https://docs.opencv.org/4.6.0/dd/d65/classcv_1_1face_1_1FaceRecognizer.html
- [8] Ahsan, M. M., Li, Y., Zhang, J., Ahad, M. T., & Yazdan, M. M. S. (2020). Face recognition in an unconstrained and real-time environment using novel BMC-LBPH methods incorporates with DJI vision sensor. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 9(4), 54.
- [9] Avidan, S., & Shamir, A. (2007). Seam carving for content-aware image resizing. In *ACM SIGGRAPH 2007 papers* (pp. 10-es).
- [10] Kim, Y. W., & Krishna, A. V. (2020). A study on the effect of Canny edge detection on downscaled images. *Pattern Recognition and Image Analysis*, 30(3), 372-381.
- [11] Kosinski, M. (2021). Facial recognition technology can expose political orientation from naturalistic facial images. *Scientific reports*, 11(1), 1-7.
- [12] Salama AbdELminaam, D., Almansori, A. M., Taha, M., & Badr, E. (2020). A deep facial recognition system using computational intelligent algorithms. *Plos one*, 15(12), e0242269.
- [13] Mundial, I. Q., Hassan, M. S. U., Tiwana, M. I., Qureshi, W. S., & Alanazi, E. (2020, September). Towards facial recognition problem in COVID-19 pandemic. In *2020 4rd International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering*

(ELTICOM) (pp. 210-214). IEEE.

[14] Singh, N. S., Hariharan, S., & Gupta, M. (2020). Facial recognition using deep learning. In *Advances in Data Sciences, Security and Applications* (pp. 375-382). Springer, Singapore.

[15] Kumar, N. A., Swarnalatha, P., Chowdary, P., Naidu, J. K., & Kumar, K. S. (2019). Smart attendance marking system using facial recognition. *Research Journal of Science and Technology*, 11(2), 101-108.

[16] Hu, M., & Tan, J. (2006). Adaptive osculatory rational interpolation for image processing. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 195(1-2), 46-53.

[17] Parsania, P. S., & Virparia, P. V. (2016). A comparative analysis of image interpolation algorithms. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 5(1), 29-34.

[18] García, C. F. G., Juárez, G. N., Ramírez G. J. A. & Carranza D. W. (2021). Entrenamiento de un modelo para reconocimiento facial aplicado a un sistema de préstamo de equipo. *Ipsumtec*, 4(3), 19-27



Videojuego “La Leyenda de Tlaxcallan”

Nelly Vázquez Medina, Victor Lerma Salamán,
Marva Angélica Mora Lumbreras

Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología
Carretera Apizaquito S/N, San Luis Apizaquito, C.P. 90401, Apizaco, Tlaxcala
nelly09vm@gmail.com, victorlerma6@gmail.com, marvaangelica.moral@uatx.mx,
<http://www.uatx.mx/>

*Recibido 03 de marzo de 2023, Aceptado 10 de marzo de 2023,
Versión final 24 de marzo de 2023*

Resumen Dentro del presente artículo se presenta un videojuego enfocado en los eventos sucedidos durante el siglo XIV en Tlaxcala, así como sus interacciones en la guerra de conquista, todo esto buscando mostrar la historia de manera distinta a todo el público posible. El juego cuenta con 3 niveles, los cuales están compuestos de dos tipos de juego distintos, cada uno seleccionado para proporcionar una experiencia de aprendizaje distinta. El primer mundo está creado en formato RPG, donde el jugador podrá interactuar con todo un mapa en el cual se encuentran una variedad de objetos, los cuales al ser activados muestran información sobre sucesos, cultura o simplemente datos sobre la vida de los tlaxcaltecas. En los demás mundos se utiliza el formato 2D, en donde con este tipo de vista el jugador debe recorrer escenarios inspirados en la República de Tlaxcallan y el resto de Tenochtitlan, completando los objetivos de derrotar a todos los soldados y sus jefes, para poder seguir los eventos históricos que se desea enseñar a todos los jugadores.

Abstract Within this article, a video game focused on the events that occurred during the fourteenth century in Tlaxcala, as well as their interactions in the war of conquest, is presented, all this seeking to show history in a different way to all possible audiences. The game has 3 levels which are made up of two

different game types, each selected to provide a different learning experience. The first world is created in RPG format where the player will be able to interact with a whole map in which there are a variety of objects which, when activated, show information about events, culture or simply data about the life of the Tlaxcalans. In the other worlds, the 2D format is used, where with this type of view the player must go through scenarios inspired by the Republic of Tlaxcallan and the rest of Tenochtitlan, completing the objectives of defeating all the soldiers and their bosses to follow the historical events. that you want to teach all players.

Palabras Clave: Videojuego, Tlaxcala, Unity, Historia.

Keywords: Video game, Tlaxcala, Unity, History.

1. Introducción

En el presente artículo se presentará un proyecto el cual hace una mezcla de la computación, la educación, la historia y un arte original para crear el software de un videojuego, el cual contará la historia de Tlaxcala durante los sucesos vividos en las guerras floridas y en la guerra de conquista, enseñando sobre sus creencias, costumbres y narrando algunas de las batallas o sucesos importantes que convirtieron al estado en lo que es hoy en día. Se hará uso de modelos 2D para un modo de juego y RPG con explicaciones detalladas de que es lo que se está jugando, proporcionando un aprendizaje sin perder ese factor que hace entretenido a un videojuego.

2. Trabajos Relacionados

Yaopan: Una historia de la Conquista. Este es el proyecto de un videojuego educativo basado en el documento conocido como Lienzo de Tlaxcala, en donde se narran los sucesos ocurridos durante el periodo histórico conocido como la Conquista. Se trata de un videojuego de plataformas en 2D donde se debe seguir el camino venciendo a enemigos para poder completar una historia. El fin de este proyecto fue crear una aventura en plataformas 2D contando los sucesos sobre la Conquista [1].

Uso de un videojuego educativo como herramienta para aprender historia del Perú. Un proyecto enfocado exclusivamente para el aprendizaje de la historia de Perú buscando promover el pensamiento crítico y crear un sentimiento de patriotismo hacia los habitantes de Perú sobre los sucesos ocurridos en el año 1814. El

proyecto final de nombre “1814: La Rebelión del Cusco” se encarga de narrar en un videojuego de estrategia, los sucesos ocurridos durante la revolución homónima, mostrando los conocimientos adquiridos por el pueblo durante esos eventos, teniendo en consideración el desarrollo de procesos cognitivos complejos, todos vinculados al aprendizaje de este evento histórico [2].

Mulaka. El videojuego Mulaka, trae una experiencia rica en historia y en mitología de la antigua cultura tarahumara. Su diseño de escenarios, personajes, cinemáticas y narrativa toman inspiración de las leyendas y relatos de los sucesos ocurridos en el norte de México, trayendo conceptos a la jugabilidad como la presencia de los dioses. Este proyecto es narrado en los ojos de Sukuruame en un juego en perspectiva 3D con un modo basado en RPG y Hack and Slash [3].

3. Conceptos Básicos

Videojuego es un juego que se puede ver en una pantalla, además de ser un agente socializador que posee una gran influencia en los valores culturales que van adquiriendo nuestra niñez y adolescentes [4].

Breve reseña de Tlaxcala. El ejercito Tlaxcalteca fue conocido por ser aquel que les dio las batallas más feroces a los guerreros mexicas, siendo enemigos jurados. Ya mencionando a los Mexicas entra en lugar el conflicto conocido como las guerras floridas, batallas feroces entre ambos imperios por tener más dominio y control de los territorios existentes, buscando en cada batalla la captura de guerreros con vida para ser ofrecidos como sacrificio ante los dioses.

Unas décadas después de que las guerras floridas iniciaron, llegó un momento clave en la historia de México, la llegada de los españoles al territorio americano. Con su arribo, el ejército español tuvo en honor de conocer la ferocidad, brutalidad y poder del ejercito tlaxcalteca en su paso por llegar a la gran ciudad de Tenochtitlan y tomar el control de todo el territorio. Durante esa batalla librada, los tlaxcaltecas llegaron a la conclusión de que si peleaban perderían todo, mientras que los españoles entendieron que si ganaban al ejército tlaxcalteca perdería su fuerza, y su camino hacia Tenochtitlan sería una derrota segura, dado esto se formó una alianza. La alianza entre tlaxcaltecas y españoles, impulsada gracias a Xicoténcatl el padre, mostró a ambos bandos los problemas de ser enemigos y las ventajas de ser aliados.

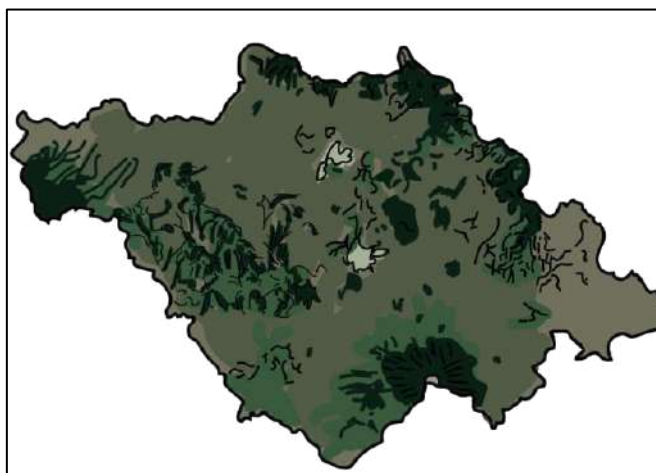
Siguiendo el lineamiento del enemigo de mi enemigo es mi amigo, ambos ejércitos se unieron derrotando y conquistando territorio mexicano, todo hasta la batalla donde ambos ejércitos unidos lograron derrocar al gran imperio mexica. Gracias a eso, se forjó la Nueva España, trayendo un sinfín a toda la población del territorio hoy mexicano, hasta que varios siglos después el pueblo buscaría su independencia de la corona española para ser una nación independiente [5][6].

4. Videojuego “La Leyenda de Tlaxcallan”

Para el desarrollo del videojuego “La Leyenda de Tlaxcallan”, se tomaron en cuenta 2 tipos de juego diferentes, RPG y 2D.

Los videojuegos RPG adoptan una vista aérea con perspectiva en tercera persona, en donde al jugar se puede observar un mapa grande para combatir con enemigos, explorar y encontrar puntos de interés con armamento o con información. Para “La leyenda de Tlaxcallan” se usó este modo de juego para hacer una representación de la república de Tlaxcallan, en este se muestra como era el territorio en la era antes de la conquista, con estética, información y accesorios de la época, en formato de museo, donde puede visitar cada uno al gusto sin ninguna linealidad. Para el segundo mapa se mostrará el territorio actual de Tlaxcala y que cosas trajo la conquista a Tlaxcala como eje principal con las mismas características del mapa anterior (ver Figura 1).

Figura 1. Modelado mapa de Tlaxcala



Los videojuegos 2D son comúnmente juegos de plataformas en 2D

donde el jugador debe recorrer un mapa, cumplir ciertos objetivos como recolectar objetos o derrotar a hordas de enemigos, todo para llegar al final del nivel y que esta aventura traiga retos, así como un aprendizaje de cómo lograr completarlo. Todos estos aspectos se utilizaron en el videojuego, adaptándolos a la cultura tlaxcalteca con el objetivo de contar lo que se vivió en las batallas más importantes de los dos conflictos, las guerras floridas y la guerra de conquista.

El videojuego con sus modos tiene varios niveles, algunos agrupados en mundos por jugar. En el caso del RPG hay 2 niveles que cuentan con un mapa a explorar, con datos interesantes sobre Tlaxcala. Por otro lado, el 2D cuenta con 2 mundos, el de las guerras floridas y la guerra de conquista, contarán con 3 y 5 niveles respectivamente. Con todo integrado, se obtiene un videojuego con un total de 35 modelos en 2D integrados correctamente.

Los niveles de RPG se dividen en dos épocas y cada época cuenta con sus datos interesantes:

1. La República de Tlaxcallan
 - a. Los señoríos
 - b. Armamento
 - c. Armaduras
 - d. Dioses
2. Tlaxcala (después de la Conquista)
 - a. Malintzi
 - b. Tlahuicole
 - c. La victoria

La idea de mostrar estos puntos de interés en este modo, es representar un museo dentro del videojuego con la información relevante de cada época, y que se entienda como era la vida antes, durante y después de todos los conflictos.

Para los niveles en 2D se optó por una narrativa distinta. Con una introducción cinemática se presenta el contexto de cada nivel. Cada nivel presenta una batalla importante dentro de los dos conflictos a narrar:

1. Guerras Floridas
 - a. Parte I. El Camino. Dentro de este nivel se recrea el recorrido hacia la ciudad de Tenochtitlan para combatir

con uno de los líderes de las tropas que atacan a los tlaxcaltecas.

- b. Parte II. El Ejército. Dentro de este nivel se recrea parte de la ciudad de Tenochtitlan, donde saldrán muchos enemigos, los cuales el protagonista tiene que derrotar para llegar con el líder.
- c. Parte III. El sacrificio. En este mapa, ubicado en la cima de una pirámide, se lleva a cabo un combate entre el líder de las tropas y el protagonista, donde si se gana avanza al siguiente número.

2. Guerra de Conquista

- a. Parte IV. La noche triste. En este nivel se recrea la icónica batalla entre el ejército tlaxcalteca contra el ejército español, donde se demuestra la ferocidad de los tlaxcaltecas.
- b. Parte V. La alianza. En este nivel se puede pelear contra los españoles en espacio tlaxcalteca, donde se llega a formar una alianza poderosa.
- c. Parte VI. El paso de Cortes. En este nivel se recrea la ruta que tomo Hernán Cortes para llegar a la ciudad de Tenochtitlan por el río con ayuda de sus aliados, los tlaxcaltecas.
- d. Parte VII. El nuevo imperio. Este nivel muestra la batalla final una vez más en Tenochtitlan, donde se debe vencer al líder de la tribu para ganar el juego.

Cada nivel dentro de cada mundo, representa algunas de las batallas más importantes del ejército tlaxcalteca, las cuales marcaron el camino para llegar a lo que es Tlaxcala hoy en día.

Para la narrativa, se ha creado a un personaje totalmente original llamado "Yaoli", a través de este personaje se irán contando todos los eventos vividos en la época del siglo XIV, comenzando desde que era un niño, recorriendo todos los pueblos hasta un adulto guerrero parte de la elite del ejército tlaxcalteca. Así mismo, cada inicio de nivel cuenta con una cinemática de introducción al contexto del nivel para saber qué es lo que se está jugando o que información se desea que el jugador aprenda.

En la figura 2 se muestra la pantalla del menú principal del videojuego, dentro de este se encuentran 3 botones en los cuales se puede

interactuar haciendo lo siguiente:

1. Jugar: Este botón permite iniciar el juego en donde se quedó o comenzando uno nuevo.
2. Opciones: Permite modificar aspectos de la música como de los sonidos.
3. Salir: Cerrar la aplicación.



Figura 2. Menú Principal

En la figura 3 se muestra una de las pantallas sobre el videojuego ejecutado, más conciso en el modo RPG en donde el jugador podrá ir explotando todo el mapa, inspirado en la república de Tlaxcallan e interactuando con los puntos de interés, los cuales muestran un texto informativo sobre lo que se seleccione, en este caso sobre Quiahuiztlán, uno de los 4 señoríos de la República de Tlaxcallan. Este mismo sistema se encontrará en todos los objetos de interés que se encuentren esparcidos por todo el mapa.



Figura 3. Republica Tlaxcallan en RPG

En la figura 4 se muestra otro tipo de perspectiva, ahora 2D. En este modo de juego durante todos los niveles se han recreado escenarios de las batallas más importantes de los sucesos. El objetivo es recorrer todo el escenario, atravesar los obstáculos y derrotar a todos los enemigos que se atraviesan en el camino del jugador. Cada nivel cuenta con una breve introducción a lo que se está jugando para llevar un aprendizaje de los eventos recreados. De igual forma, se integró un sistema de NPC o Bots los cuales con su IA se encargarán de ser el reto por vencer en cada nivel, habrá soldados base y enemigos finales o Bosses dependiendo del nivel que se esté jugando.

De la misma forma se utilizaron ilustraciones para la creación de los atuendos, de las armas y de la forma de cómo se ven y actúan todos los personajes que hay dentro del videojuego.



Figura 4. Guerras floridas en 2D

5. Resultados y Pruebas

Este proyecto se ha finalizado con un buen funcionamiento, comprobando que el proyecto desarrollado fue probado con personas entre 9 y 22 años, obteniendo resultados favorables en el aprendizaje y de inmersión obtenido. Tomando en cuenta como puntos clave lo cómodo que se sentían, si la información del juego fue la adecuada y si les fue de agrado interactuar con este software.

6. Conclusiones

Los videojuegos pueden tener una gran contradicción de su uso y el aprendizaje que da, sin embargo, nos hemos esforzado que con este proyecto se pueda apreciar los beneficios que se pueden conceder a la sociedad dejando un aprendizaje a todo aquel que interactúe con este.

Después de un año y medio de trabajo, además de conseguir un aprendizaje amplio sobre el desarrollo y sobre historia, creamos una perspectiva distinta a la planeada, pues conforme más se aprendía sobre el tema más ideas que mejorarían la experiencia del juego fueron llegando. Lo mismo ocurrió con respecto al desarrollo, mejores prácticas fueran necesarias para poder mejorar el producto.

De igual manera, la forma de transmitir el conocimiento mediante un medio de entretenimiento ha demostrado ser factible, ya que al tener algo que rete al público, hacen que toda su atención este ahí, por lo que hace que los jugadores se introduzcan más al mundo del juego y entiendan que es lo que trata de representar, en este caso, la gran historia de Tlaxcala.

Referencias

1. UNAM. (2021). YAOPAN. Un juego de la conquista. 02/12/2021, de UNAM Sitio web: <https://mexico500.unam.mx/evento/yaopan-un-juego-de-la-conquista-0>
2. Evaristo Chiyong Ines Susana, Vega Velarde María Vanessa, Navarro Fernández Ricardo y Nakano Osore Teresa. (2016) Uso de un videojuego educativo como herramienta para aprender historia del Perú. RIED: Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 19 (2), 35-52
3. Serrano Edgar. (2018). Mulaka. 30/09/2021, de Lienzo Sitio web: <https://www.lienzo.mx/mulaka/?lang=es>

4. Núñez-Barriopedro Estela, Sanz-Gómez Yeray, Ravina-Ripoll Rafael. (2020). Los videojuegos en la educación: Beneficios y perjuicios. 24/11/2021, de Universidad Nacional de Costa Rica Sitio web: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-42582020000200240
5. Cervera Obregón Marco Antonio. (2003). La Batalla contra los Tlaxcaltecas, México. 23/11/2021, de Noticonquista Sitio web: <http://www.noticonquista.unam.mx/amoxtli/1694/1688>
6. Muñoz Camargo Diego. (2013). Historia de Tlaxcala. Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala.



Mundo Virtual de Marte

María Isabel Zambrano Guzmán, Marva Angélica Mora Lumbreras
Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología
Ingeniería en Computación
Calzada Apizaquito s/n. C.P. 90300 Apizaco, Tlaxcala, México
isazamguzam@gmail.com, marvaangelica.moral@uatx.mx
<http://www.uatx.mx/>

*Recibido 18 de octubre de 2022, Aceptado 15 de diciembre del 2022,
Versión final 04 de enero de 2023*

Resumen El presente artículo se presenta con el propósito de describir el proyecto de creación de un mundo virtual, específicamente un mundo virtual de Marte. En este mundo virtual se plasman cráteres existentes en dicho planeta, así como también algunas rocas que han sido descubiertas y estudiadas, clima, minerales, suelo, volcanes, satélites naturales, y los rovers que han sido enviados por la NASA a Marte y datos importantes como rotación y traslación del planeta, historia y datos curiosos.

Abstract This article is presented with the purpose of describing the project of creating a virtual world, specifically a virtual world of Mars. In this virtual world, existing craters on said planet are reflected, as well as some rocks that have been discovered and studied, climate, minerals, soil, volcanoes, natural satellites, and the rovers that have been sent by NASA to Mars and important data. such as rotation and translation of the planet, history, and curious facts.

Palabras Clave: Planeta, Marte, Realidad virtual, Aprendizaje.

Keywords: Planet, Mars, Virtual Reality, Learning.

1. Introducción

El auge de la realidad virtual ha estado precedido de un largo tiempo de investigación. En la actualidad, la realidad virtual se plasma en una multiplicidad de sistemas que permiten que el usuario experimente artificialmente, y es así como este proyecto se desarrolla, al crear una simulación del planeta Marte y al mismo tiempo realizar una investigación detallada, con el fin de compartir información importante que ayude a aprender y conocer sobre dicho planeta, haciéndolo de manera más interactiva e interesante para el usuario.

2. Trabajos Relacionados

Se realizó una investigación con el fin de encontrar productos similares a este proyecto. Se encontraron tres y a continuación se muestran.

2.1 Exoplanet Travel Bureau

Un primer trabajo con gran similitud es el trabajo creado por la agencia espacial estadounidense (NASA) que permite realizar un viaje virtual a otros mundos, más allá de nuestro sistema solar, a través de su sitio web interactivo Exoplanet Travel Bureau. Mediante una visualización interactiva de 360° que se puede realizar desde la computadora o dispositivo móvil, se podrán visualizar características sobre planetas que son del tamaño de la Tierra [1].

2.2 OnSight: Explorador de la superficie de Marte

Uno de sus principales objetivos, desarrollado a través de un software llamado OnSight, es permitir que científicos de todo el mundo se unan al estudio de Marte desde cualquier punto. Gracias a la realidad virtual, los geólogos pueden estudiar el suelo del planeta casi como si estuvieran sobre el terreno, e interactuar entre ellos para intercambiar impresiones acerca de lo que están observando. OnSight utiliza hologramas y los datos enviados por el rover que se encuentra en Marte, y los combina para ofrecer una visión híbrida de

ambos datos generada por el ordenador, proporcionando a los científicos lo que Menzies llama “superpoderes geológicos” [2].

2.3 Recorrido virtual Monte Alban

El recorrido 360° de Monte Albán basado en el trabajo de campo realizado por el Proyecto Geofísico de Monte Albán con el permiso del Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y es parte del proyecto corriente llamado el Proyecto de Arqueología Digital de Monte Albán, se pueden conocer algunos sitios durante el viaje virtual, cómo el Palacio del Ocote y las antiguas canchas, en las que los habitantes de esta antigua ciudad zapoteca solían realizar el juego de pelota. Además, se puede conocer más sobre la historia de la cultura zapoteca [3].

3. Descripción de la Aplicación

Este proyecto se centra en realizar un mundo virtual de Marte con funcionalidades básicas, estos serán desplazarse por el lugar, observar los objetos y el ambiente que estarán presentes, poder ver descripciones detalladas del lugar en un punto en específico. Así mismo, el uso de este entorno será de una manera sencilla y se busca que pueda ser manipulado de una forma eficaz.

Lo que el usuario puede apreciar son: cráteres existentes en dicho planeta, rocas descubiertas, clima, minerales, suelo, volcanes, satélites naturales, y los rover que han sido enviados por la NASA.

4. Marco Teórico

Diseño 3D: Consiste en utilizar software para crear una representación matemática de un objeto o una forma tridimensional. El objeto creado se denomina modelo 3D; estos modelos tridimensionales se usan para el diseño generado por computadora [4].

Mundo virtual: es un entorno comunitario en línea basado en

computadora, que está diseñado y compartido por individuos para que puedan interactuar en un mundo simulado y personalizado. Los usuarios interactúan entre sí en este mundo simulado, utilizando modelos gráficos bidimensionales o tridimensionales [5].

Marte: También conocido como el planeta Rojo, es el más alejado del Sol de los cuatro planetas rocosos del sistema solar, y el segundo más cercano a la Tierra, se trata de un planeta seco, rocoso, inhóspito y frío, posee un núcleo metálico compuesto principalmente de hierro, níquel y azufre que podría oscilar entre los 1.500 y 2.100 kilómetros de radio. Este estaría rodeado por un manto rocoso de entre 1.200 y 1.800 kilómetros, y en su parte más exterior de una corteza de hierro, magnesio, aluminio, calcio y potasio que en su zona de mayor espesor alcanza los 50 kilómetros de profundidad [6].

5. Mundo Virtual de Marte

Para el proyecto Mundo virtual de Marte se realizó en Blender 3D lo siguiente:

- Rocas destacables de Marte
- Cráteres de Marte
- Volcanes de Marte
- Satélites naturales de Marte
- Rover Perseverance
- Helicopter Ingenuity
- InSight

El entorno virtual realizado en Unity contiene y muestra los siguientes datos:

- Cráteres (10)
- Volcanes (4)
- Piedras destacables (5)
- Características físicas
- Suelo
- Geología
- Órbita
- Rotación
- Traslación

- Origen del nombre del planeta Marte
- Metano
- Insight
- Ingenuity
- Datos curiosos (10)
- Tormentas de polvo
- Clima
- Estaciones

Para que el usuario pueda moverse por el mundo virtual se creó un objeto que simule el player, con las configuraciones necesarias permite que el usuario pueda realizar las siguientes acciones:

- Caminar
- Correr
- Girar
- Saltar
- Agacharse

Para la creación del escenario, se tomó como base fotos capturadas por Opportunity (NASA, 2003), se agregaron texturas, niveles y subniveles para simular el suelo de Marte. Para la ambientación se agregó música previamente descargada en formato .wav, y se aplicó sombra sobre el escenario para simular lejanía.

En la Figura 1 se presentan las pantallas finales de los menús que se muestran en la aplicación.



Figura 1. Menús

En la Figura 2 se muestran partes del escenario de Marte en Unity.

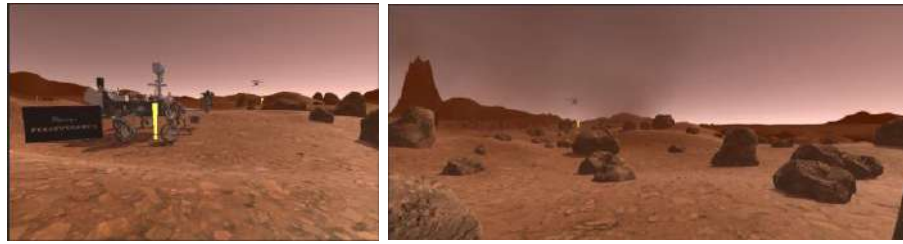


Figura 2. Escenario de Marte en Unity

En la Figura 3 se presentan dos elementos: Rover Perseverance y el Cráter Victoria. Rover Perseverance es un vehículo robotizado diseñado y fabricado por el laboratorio de Propulsión a Reacción para explorar el cráter Jezero de Marte como parte de la misión Mars 2020 del programa de Exploración de Marte de la NASA. Cráter Victoria es un cráter de impacto del planeta Marte. El impacto causó una abertura de 750 metros de diámetro en la superficie del Meridiani Planum.



Figura 3. Izquierda: Rover Perseverance. Derecha: Cráter Victoria

En la Figura 4 se presenta la pantalla final que muestra la explicación de algunas de las rocas destacables en Marte.



Figura 4. Rocas destacables en Marte

En la Figura 5 se presenta la pantalla final que muestra el Monte Olimpo de Marte.



Figura 5. Monte Olimpo en Marte

6. Resultados y Pruebas

Las pruebas de software "consisten en verificar el comportamiento de un programa dinámicamente a través de un grupo finito de casos de prueba, debidamente seleccionados del típicamente, ámbito de ejecuciones infinito, en relación al comportamiento esperado" [7]. En el reporte de pruebas de sistema se probaron además los menús de Inicio, menú de opciones, menú de instrucciones, así como la interacción con el mundo, movimientos del usuario, explicaciones de los Rovers, de los cráteres y de los datos a lo largo del recorrido virtual. Tanto pruebas de Integración como de sistemas se encuentran actualmente sin defectos.

7. Conclusiones

La realidad Virtual despierta un gran interés y motivación en los diferentes usuarios que generalmente han hecho uso de esta herramienta, no solo por el hecho de aprender sino por experimentar nuevas formas de transmitir y recibir información.

La tecnología debe ser un componente y un complemento más de cualquier proyecto social e informático. Con la documentación de cada uno de los capítulos en este proyecto y el desarrollo de este, se concluye que cumple con lo mencionado ya que su objetivo es hacer que los usuarios puedan aprender de manera interactiva gracias a la ayuda de este entorno virtual, en él pueden desplazarse, observar e interactuar y al mismo tiempo descubrir datos sobre este asombroso planeta.

Referencias

1. Europa Press. (2018, 30 mayo). La NASA ofrece viaje virtual a otros mundos. El Universal. Recuperado 11 de octubre de 2022, de <https://www.eluniversal.com.mx/ciencia-y-salud/ciencia/la-nasa-ofrece-viaje-virtual-otros-mundos>
2. Álvarez J. L. [El Futuro Es Apasionante de Vodafone]. (2016, 31 agosto). La alucinante realidad virtual que nos permite pasear por Marte. YouTube. Recuperado 11 de octubre de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=-DTn5xjiuRo>
3. Slp, R. E. H. (2020, 17 mayo). Monte Albán la zona arqueológica en recorrido virtual. El Herald de San Luis Potosi. Recuperado 11 de octubre de 2022, de <https://elheraldoslp.com.mx/2020/05/17/monte-alban-la-zona-arqueologica-en-recorrido-virtual/>
4. Programa de diseño 3D | Herramientas y recursos gratuitos | Autodesk. (2021, 17 septiembre). Recuperado 12 de octubre de 2022, de <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/3d-design-software>
5. ¿Qué es un mundo virtual? (2022). Icy Science. Recuperado 12 de octubre de 2022, de <https://es.theastrologypage.com/virtual-world>
6. Rodríguez, H. (2022, 14 septiembre). Marte (planeta): Todo lo que sabemos en 2022 sobre Marte. www.nationalgeographic.com.es. Recuperado 12 de octubre de 2022, de https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/marte-planeta-rojo-que-hombre-quiere-llegar_18637
7. Jústiz, D., Gómez, D., Delgado, M. D. (2014, agosto). Proceso de pruebas para productos de software en un laboratorio de calidad. Scielo. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362014000200003



Mundo Virtual de la historia de los ferrocarriles de Apizaco

Karen Joselyn Nicolas Lima, Marva Angélica Mora Lumbreras

Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología
Calzada Apizaquito S/N, No. C.P 90300, Tlaxcala, México
knicolalima@gmail.com, marvaangelica.moral@uatx.mx
<http://www.uatx.mx/>

*Recibido 12 de mayo de 2023, Aceptado 16 de mayo de 2023,
Versión final 22 de mayo de 2023*

Resumen En este artículo se presenta un mundo virtual de los ferrocarriles, está dividido en seis salas, donde se presentan diferentes ferrocarriles 3D y fotografías históricas de los ferrocarriles en Apizaco. La sala 1 se enfoca en los inicios de los ferrocarriles, la sala 2 presenta la historia de las líneas de los ferrocarriles, la sala 3 contiene un tren 3D y diferentes partes de trenes en 3D, la sala 4 detalla la remodelación de la maquineta, la sala 5 muestra a la maquineta de acuerdo con las festividades del año, la sala 6 cuenta con modelos en 3D de diferentes vagones de los ferrocarriles y esta se ubica en el exterior del museo virtual. Este museo virtual esta desarrollado para niños de entre 12 y 18 años para mostrarles la historia de los ferrocarriles de Apizaco de una forma interactiva.

Abstract This article presents a virtual world of railways, it is divided into six rooms where different 3D railways and historical photographs of railways in Apizaco are presented. Room 1 focuses on the early days of railways, Room 2 presents the history of the railway lines, Room 3 contains a 3D train and different 3D train parts, Room 4 details the remodeling of the little machine, room 5 shows the little machine according to the year's festivities, room 6 has 3D models of different railway carriages and this is located outside the virtual museum. This virtual museum is

developed for children between 12 and 18 years of age to show them the history of the Apizaco railways in an interactive way.

Palabras Clave: Mundo Virtual, Objetos 3D, Historia, Ferrocarriles, Apizaco.

Keywords: Virtual World, 3D objects, History, Railways, Apizaco.

1. Introducción

Apizaco es una ciudad importante de Tlaxcala, esto se debe a la historia que tiene por sus *ferrocarriles*. En la década de los 60's, el territorio de Apizaco se inició como ciudad ferrocarrilera, lo que llevó a Apizaco a ser una zona de intercambio comercial. Lo que indica que conocer la historia de Apizaco desde la perspectiva de los ferrocarriles es relevante. El mundo virtual de los ferrocarriles de Apizaco esta pensado para niños de 12 a 18 años, presenta modelos 3D, fotografías y audio explicativo a través de seis salas.

Trabajos Relacionados

Recorrido Virtual del Museo de Frida Kahlo

El recorrido virtual del museo de Frida Kahlo incluye 17 espacios de la casona de Frida Kahlo y Diego Rivera, incluidos la recámara de Diego Rivera, la cocina de la artista y el estudio donde trabajaba, así como las exposiciones artísticas de la pintora [1].

Recorrido virtual del Museo del Palacio de Bellas Artes

El Recorrido virtual del Museo del Palacio de Bellas Artes pertenece al gobierno del estado de México, es un ambiente tridimensional compuesto por una de las casas más grandes de ópera del mundo, con varias secciones o salas virtuales y con reproducciones digitales que cubren cuadros artísticos [2].

Museo virtual ARQUA

El Museo Nacional de Arqueología Subacuática (ARQUA), obra del arquitecto Guillermo Vázquez está disponible desde el año 2011. Posee una visita tridimensional interactiva de su espacio expositivo, el museo contiene en su interior, materiales arqueológicos

relacionados con lo marítimo en el Mediterráneo, durante el recorrido virtual, el usuario puede visitar las exposiciones que se encuentran dentro del museo virtual [3].

2.Descripción del mundo virtual de los ferrocarriles de Apizaco

El mundo virtual de los ferrocarriles de Apizaco se divide en 6 salas, sala 1 inicios, sala 2 líneas de los ferrocarriles de Apizaco, sala 3 Objetos 3D ferrocarriles de Apizaco, sala 4 remodelación de la maquinita, sala 5 maquinita, sala 6 Vagones de ferrocarriles, en estas salas se presentan diferentes aspectos históricos del ferrocarril utilizando la técnica 3D, navegación, audio explicativo y fotografías históricas relacionadas con los ferrocarriles en Apizaco. Este mundo virtual fue desarrollado utilizando Blender y Unity, ideado para ser utilizado en computadoras personales.

3.Modelado 3D y Mundos Virtuales

El **modelado 3D** consiste en crear la imagen digital tridimensional de un objeto mediante un software. Utilizando algoritmos se genera una representación matemática en tres dimensiones basada en vértices o puntos con coordenadas espaciales de un elemento, conectados por líneas llamadas aristas, sean rectas o curvas, que forman superficies de caras o polígonos. El conjunto de polígonos conforma una de un objeto 3D que nos permite visualizar el modelo. Esta técnica es capaz de dibujar cualquier forma con precisión, desde líneas simples hasta figuras más complejas [4].

El concepto de “**mundo virtual**” se refiere a un entorno 3D que simula el mundo real en términos de topografía, condiciones sociales, económicas y de comunicación. Los mundos virtuales ofrecen una vía de escape, fantasía, socialización, colectividad y, en algunos casos, una fuente de ingresos. Los mundos virtuales sociales son similares a los reales en el sentido de que contienen todos los tipos de interacción social humana, incluida la amistad, el amor, la economía, la guerra, la política, etc. ofreciendo la oportunidad de hacer compras, negocios, formarse académicamente, viajar, ir a bares, bailar, y muchas más actividades [5][6].

La Figura 1 presenta la entrada del museo virtual de los ferrocarriles de Apizaco, en el proyecto se decidió incluir un avatar para dar interactividad al proyecto. El usuario navega con su avatar a lo largo de las seis salas que integran el museo.



Figura 1. Bienvenida

La Figura 2 muestra la sala 1 del museo virtual, en el cual se pueden ver la historia de los inicios de los ferrocarriles de Apizaco con distintos cuadros, el museo tiene la ventaja de que a lo largo de las salas hay audios explicativos relacionados con los temas presentados.



Figura 2. Sala 1

La Figura 3 presenta la sala 2, que se enfoca en cómo se fueron construyendo las líneas de los ferrocarriles de Apizaco en distintos cuadros, con imágenes y con sus audios explicativos respectivamente.



Figura 3. Sala 2

La Figura 4 presenta la sala 3, la cual contiene objetos 3D de los ferrocarriles de Apizaco, como un semáforo, un tren actual, vagones de ferrocarriles, entre otros.



Figura 4. Sala3

La Figura 5 presenta la sala 4, en esta sala se puede visualizar la remodelación de la maquinita a través de fotografías históricas y con audios explicativos.



Figura 5. Sala 4

La Figura 6 presenta la sala 5, en la cual se puede visualizar fotografías de la maquinita en diferentes festividades. Así, como se ve la maquinita en la noche y día, es importante remarcar que cada sala tiene audios explicativos.



Figura 6. Sala 5

La Figura 7 presenta la sala 6, que es la que encuentra en la parte trasera del museo virtual, esta sala cuenta con diferentes vagones de los ferrocarriles, el audio explicativo cuenta sobre la funcionalidad de cada vagón.



Figura 7. Sala 6

5.Pruebas

Las pruebas del sistema tienen como objetivo ejercitar profundamente el sistema comprobando la integración correcta de éste. En este proyecto se realizaron las pruebas pertinentes, con resultados positivos, cabe mencionar que se revisaron temas de colisión, vista de fotografías, modelos 3D de manera correcta, activación de los audios explicativos en las posiciones específicas, así como navegación a través del museo virtual.

6.Conclusiones

Este mundo virtual fue realizado con el fin de dar a conocer la historia de los ferrocarriles de Apizaco. Este proyecto se desarrolló mediante las herramientas Blender y Unity. Se buscó que el usuario pudiera tener una mayor interactividad y a su vez fuera fácil de entender el tema. Se puede concluir que se obtuvo buenos resultados durante las pruebas realizadas, además, se pudieron cumplir los objetos plateados del proyecto inicial.

Se obtuvieron muchos conocimientos dentro de este proyecto al momento de trabajar con Blender, fue una gran experiencia ya que se realizaron diferentes modelos 3D, de igual forma fue un gran reto, ya que había ciertos objetos 3D que se le tenían que dar textura y en

ocasiones se tuvieron complicaciones.

El uso de Unity fue una gran experiencia, se tuvieron algunas complicaciones y dudas, pero mediante el tiempo que se fue realizando el proyecto las dudas se iban aclarando poco a poco, nos quedamos con la experiencia de haber aprendido nuevas cosas y haber concluido con el proyecto.

Referencias

1. Recorridosvirtuales.com. (2023) (s.f.). Museo Frida Kahlo. Obtenido de https://www.recorridosvirtuales.com/frida_kahlo/museo_frida_kahlo.htm
2. Gobierno del Estado de México (s.f.). (2023). *Museo del Palacio de Bellas Artes*. Obtenido de <https://inba.gob.mx/sitios/recorridos-virtuales/museo-palacio-bellas-artes/>
3. Editorial Red Universitaria. (2012). Museos Virtuales. Un caso práctico: Museo Nacional de Arqueología Subacuática (ARQVA) . *Editorial Red Universitaria*.
4. EBAC (2021), ¿Qué es el modelado 3D y cómo funciona?, Escuela Británica de Artes Creativa y Tecnología, Obtenido de <https://ebac.mx/blog/que-es-el-modelado-3d>
5. Bartle, Richard (2003). *Designing Virtual Worlds*. New Riders. ISBN 978-0-13-101816-7.
6. Chen, Brian X. (2022-01-18). "What's All the Hype About the Metaverse?". The New York Times. ISSN 0362-4331. Retrieved 2022-01-31.



TEAprende: Realidad Aumentada para Niños con TEA, módulos de Ciencias Naturales, Biología Vegetal y Anatomía Humana

Raúl Alejandro Hernández Pérez, Britany Alejandra Moreno Cruz y
Marva Angélica Mora Lumbreras

Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Ciencias Básicas Ingeniería y Tecnología
Calzada Apizaquito S/N, C.P 90300, Apizaco, México
alejandro.raul53@hotmail.com, britanymoreno20@gmail.com, marvaangelica.moral@uatx.mx
[Http://www.uatx.mx/](http://www.uatx.mx/)

*Recibido 12 de mayo de 2023, Aceptado 19 de mayo de 2023,
Versión final 02 de junio de 2023*

Resumen El proyecto se centra en desarrollar una aplicación de Realidad Aumentada (RA) para niños con Trastorno de Espectro Autista (TEA) de 5 a 9 años, con el fin de proporcionarles un método accesible y efectivo de aprendizaje. Específicamente, este artículo abarca 3 módulos de ciencias naturales básicas, biología vegetal básica y anatomía humana básica. Estos módulos amplían el alcance y la versatilidad de la aplicación [1], permitiendo a los niños adquirir conocimientos fundamentales en diversas áreas. La aplicación de RA representa un avance significativo en la educación de niños con TEA al proporcionar un entorno interactivo y adaptado a sus necesidades, lo que facilita la adquisición de habilidades académicas y sociales.

Abstract The project focuses on developing an Augmented Reality (AR) application for children with autism spectrum disorder (ASD) from 5 to 9 years old, in order to provide them with an accessible and effective method of learning. Specifically, this

article covers 3 modules of basic natural sciences, basic plant biology and basic human anatomy. These modules extend the scope and versatility of the application [1], allowing children to acquire fundamental knowledge in various areas. The AR application represents a significant advance in the education of children with ASD by providing an interactive environment adapted to their needs, which facilitates the acquisition of academic and social skills.

Palabras Clave: Realidad Aumentada, Educación, Trastorno de Espectro Autista (TEA), Aprendizaje, Aplicación.

Keywords: Augmented Reality, Education, Autism Spectrum Disorder (ASD), Learning, Application.

1. Introducción

En este trabajo se realiza un análisis de la aplicación de Realidad Aumentada (RA) en la educación de niños con Trastorno de Espectro Autista (TEA). El objetivo principal es desarrollar una aplicación que utilice la tecnología de RA para mejorar el proceso de aprendizaje de niños de 5 a 9 años con TEA, proporcionándoles un entorno interactivo y adaptado a sus necesidades específicas. Se exploran diferentes módulos como ciencias naturales, biología vegetal y anatomía humana. Este análisis busca comprender el impacto de la RA en el aprendizaje y desarrollo de habilidades académicas en niños con TEA, así como identificar las ventajas y desafíos asociados con esta tecnología educativa.

2. Trabajos Relacionados

Autismo - Descubra emociones — AMIKEO APPS [2]

Es una aplicación diseñada específicamente para ayudar a las personas con autismo a desarrollar habilidades de reconocimiento emocional y expresiones faciales. Se incluyen actividades de identificación como juegos de parejas, juegos de intrusos y juegos de adivinanzas. La aplicación permite la personalización completa de los contenidos, lo que da opción a los usuarios de agregar fotos y animaciones de padres y familiares. Diseñada en colaboración con psicólogos, logopedas y educadores especializados en trastornos del desarrollo, esta aplicación es adecuada para personas de todas las edades y se presenta como una herramienta divertida para el aprendizaje y desarrollo de habilidades emocionales.

Pictogram Room [3]

Es un programa diseñado para trabajar el autorreconocimiento, la atención conjunta, la comunicación, las relaciones sociales y el desarrollo del esquema corporal en personas con autismo. Se implementa a través de videojuegos educativos que combinan imágenes reales de la persona con imágenes generadas por computadora, destacando la extremidad que se está trabajando en ese momento. Utilizando un sistema de cámara-proyector y el reconocimiento del movimiento, se crea una experiencia aumentada con elementos gráficos y musicales que guían el aprendizaje del jugador. Requiere un PC con Windows 7, el sensor Kinect y una superficie de proyección. El Pictogram Room se considera una herramienta importante para promover el desarrollo del esquema corporal, así como habilidades sociales y comunicativas, al reconocer la importancia de la emoción en la interacción con el mundo.

Alphabet Flash Cards [4]

Es una aplicación que ofrece una forma sencilla de aprender el alfabeto, elementos geométricos, colores, planetas, entre otros, utilizando la realidad aumentada. Esta herramienta tecnológica es especialmente útil para promover el bilingüismo, ya que los contenidos se encuentran en inglés. Está dirigida a estudiantes de educación infantil, y proporciona una experiencia educativa interactiva y envolvente. Al combinar la realidad aumentada con el aprendizaje de conceptos fundamentales, esta aplicación se presenta como una herramienta TIC idónea para apoyar el desarrollo educativo de los niños.

3. TEAprende

Este proyecto presenta el desarrollo de una aplicación de Realidad Aumentada (RA) para la educación de niños con Trastorno de Espectro Autista (TEA) de 5 a 9 años. La aplicación inicialmente constaba de 6 módulos, abarcando áreas como emociones, hábitos básicos, figuras, letras, matemáticas y normas sociales. En esta nueva versión, se agregaron módulos de ciencias naturales, biología vegetal y anatomía humana básica. Estos módulos amplían el alcance y la versatilidad de la aplicación, brindando a los niños con TEA una experiencia educativa completa y adaptada. La Realidad Aumentada ofrece una plataforma interactiva y accesible, mejorando el proceso de aprendizaje para estos niños.

4. Conceptos Básicos

Trastorno de Espectro Autista (TEA): Se aborda la importancia de comprender las características y necesidades específicas de los niños con TEA, con el objetivo de diseñar una aplicación de RA que se adapte a sus requerimientos educativos. Se consideran aspectos como la comunicación, interacción social [5].

Realidad Aumentada (RA): La RA se presenta como una tecnología innovadora que permite superponer información digital en el entorno real, brindando una experiencia inmersiva y enriquecedora. Se explora cómo la utilización de la RA puede mejorar el aprendizaje y la participación de los niños con TEA, al proporcionar un entorno interactivo y adaptado [6].

5. Interfaz de Teaprende: secciones Ciencias Naturales, Biología Vegetal y Anatomía Humana

5.1. Aprender ciencias naturales básicas

5.1.1 Ciclo del agua

La Figura 1 muestra el ciclo del agua en 3D desde la Aplicación de RA. El ciclo del agua es un proceso natural que ocurre continuamente y es vital para la vida en la Tierra. El ciclo del agua en 3D es una herramienta valiosa para mejorar la comprensión y apreciación de este proceso natural importante. Al visualizar el ciclo del agua de una manera clara e interactiva se puede entender mejor cómo funciona en la naturaleza y cómo se puede proteger este recurso vital.

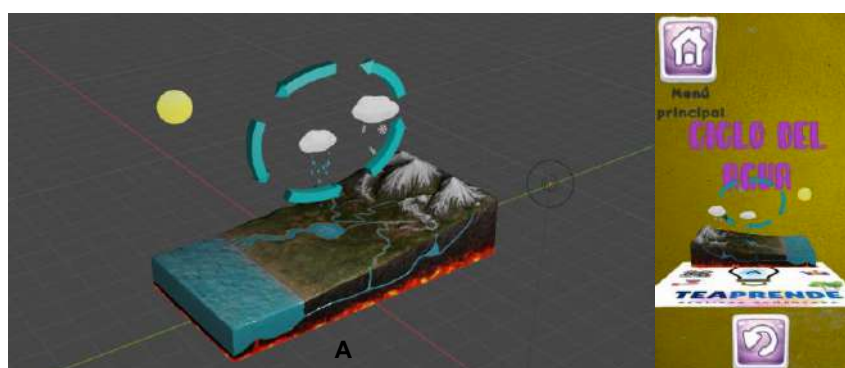


Figura 1. Ciclo del agua. A) Blender. B) TEAprende

5.1.2 Formación del arcoíris

La Figura 2 ilustra la formación del arcoíris en 3D. El arcoíris es un fenómeno óptico natural que se produce cuando la luz del sol atraviesa gotas de agua suspendidas en el aire, como las que hay después de una lluvia.

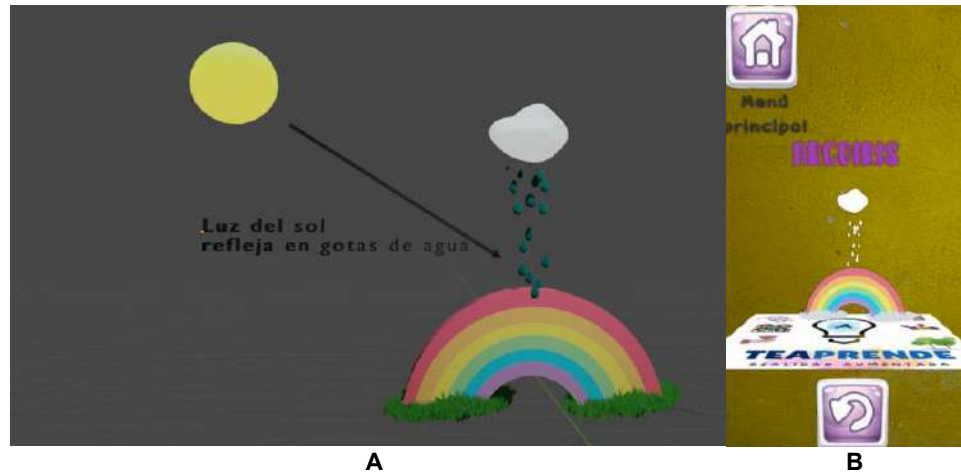


Figura 2 Formación del arcoíris. A) Blender, B) TEAprende

5.1.3 ¿Por qué el cielo es azul?

La Figura 3 ayuda a visualizar la interacción entre la luz y la atmósfera en un modelo 3D, para explicar cómo se produce el color azul del cielo y cómo cambia en diferentes condiciones atmosféricas.

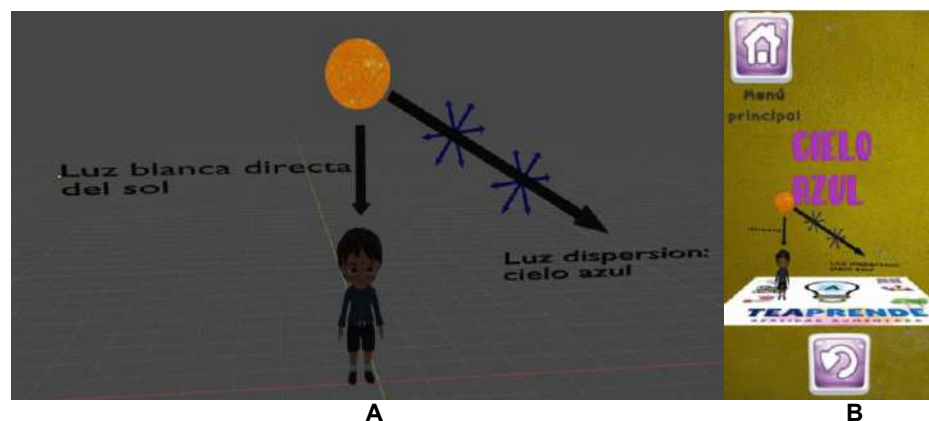


Figura 3. Explicación del porque el cielo es azul. A) Blender B) TEAprende

5.2. Aprender Biología vegetal básica

5.2.1. Función de las plantas

En el módulo función de las plantas se revisa además de la función de las plantas, como interactúan con su entorno y cómo producen su propio alimento, ver Figura 4.

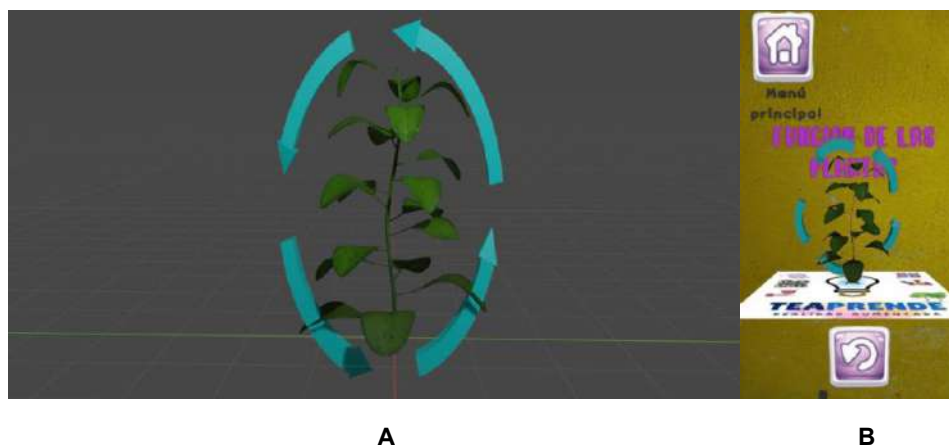


Figura 4 Función de las plantas AR. A) Blender B) TEAprende

5.2.2. Estructura de las plantas:

Este módulo presenta la estructura de las plantas en 3D. Las plantas tienen una estructura compleja y altamente organizada que les permite llevar a cabo funciones importantes como la fotosíntesis, la absorción de agua y nutrientes del suelo, y la reproducción. El modelo 3D muestra las diferentes partes de una planta, incluyendo el tallo, las hojas, flores y los frutos.

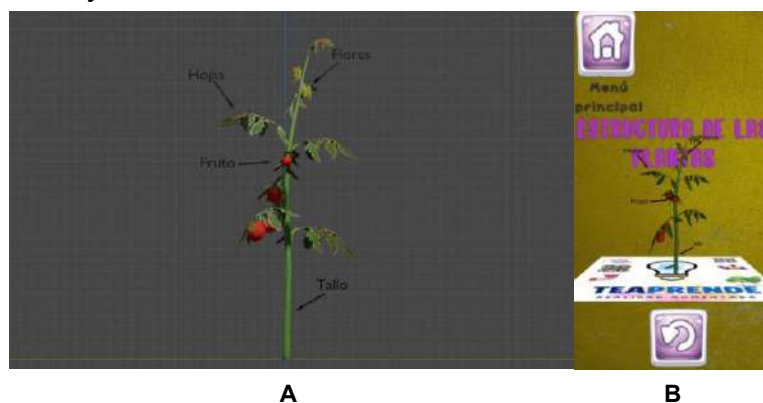


Figura 5 Estructura de las plantas AR. A) Blender B) TEAprende

5.3. Anatomía Humana Básica

5.3.1. Mano

Este módulo presenta un modelo 3D, en la aplicación se explica la función de la mano humana. La mano es una parte esencial del cuerpo humano que nos permite interactuar con el mundo que nos rodea.

5.3.2. Nariz y boca

En TEAprende se revisa la nariz y la boca, se le indica al niño que son partes esenciales del sistema respiratorio y digestivo humano, respectivamente. Se explica en la aplicación la importancia de estas partes del cuerpo en la vida diaria y cómo funcionan para mantener nuestro cuerpo en equilibrio.

5.3.3. Ojo

En TEAprende se explica la función del ojo humano. El ojo humano es un órgano sensorial que nos permite ver el mundo a nuestro alrededor. El modelo 3D muestra las diferentes partes del ojo, incluyendo la córnea, la pupila, el iris. También este modelo sirve como una herramienta valiosa para entender cómo funciona el ojo humano y cómo permite que veamos el mundo a nuestro alrededor.

5.3.4. Oreja

Este módulo presenta un modelo 3D permite explicar la función del oído humano, un órgano sensorial clave que nos permite percibir el sonido y mantener nuestro equilibrio.



Figura 6 A) Mano, B) Nariz y boca, C) Ojo, D) Oreja desde TEAprende

6. Pruebas

Este proyecto está en proceso, sin embargo, conforme se está trabajando se están aplicando las pruebas pertinentes, por ahora se tiene recabado los modelos 3D, audios explicativos, así como se está revisando la integración de los módulos a TEAprende de manera adecuada.

7. Conclusiones

En este proyecto se adquirió información sobre realidad aumentada, trastorno del espectro autista y el uso de tecnología digital en la creación de estrategias instruccionales. El campo de la educación ha reconocido la realidad aumentada como una tecnología relevante con aplicaciones pedagógicas de vanguardia. Para aumentar la comprensión de las aplicaciones actuales en el apoyo a las personas con discapacidad, se realizó un análisis de trabajos similares. Se reconoció que las personas con TEA experimentan dificultades con el lenguaje, la comunicación, las habilidades sociales y el comportamiento, y se tomaron en consideración las necesidades únicas de cada persona. El desarrollo del proyecto consistió en aprender Unity y usar Vuforia para implementar realidad aumentada, diseño de interfaz y animación. El resultado final fue la creación de una aplicación con los 9 módulos y funcionalidades planificadas que permitió el logro de los objetivos y expectativas planteadas, se puede ver 6 módulos iniciales en [1].

Referencias

1. Moreno Cruz Britany Alejandra, Mora Lumbreras Marva Angélica (2022), TEAprende: Realidad Aumentada en la educación de Niños con Trastorno de Espectro Autista, Revista Iztatl Computación, Año 11, No. 21, ISSN: 2007-9958
2. Gonzalez Olga. (Junio 2018). Diseño de ambientes de aprendizaje mediados por realidad aumentada (ar) dirigido a niños con rasgos del espectro autista (real). Acta Scientiæ Informaticæ , 2, 6.
3. Kats, Y., (2016). "Supporting the Education of Children with Autism Spectrum Disorders". IGI Global
4. Solano Dalia . (2020). Realidad aumentada en el sector médico.. 20 Noviembre , de Canifarma Sitio web: <https://dispositivosmedicos.org.mx/realidad-aumentada-en-el-sector-medico/>
5. Delgado Paulette (2021). Trastorno del Espectro Autista (TEA), Tecnológico de Monterrey Sitio web: <https://observatorio.tec.mx/edu-news/trastorno-del-espectro-autista-tea-educacion>.
6. Gilaber Alba Pérez Elena, (2019). La realidad aumentada en la intervención del alumnado con trastorno del espectro autista a través de la producción científica. Revista infad, 3, 8.



IZTATL

COMPUTACIÓN