

DEPÓSITO LEGAL ZU2020000153

ISSN 0041-8811

E-ISSN 2665-0428

Revista de la Universidad del Zulia

Fundada en 1947
por el Dr. Jesús Enrique Lossada



Ciencias del
Agro,
Ingeniería
y Tecnología

Año 15 N° 42

Enero - Abril 2024

Tercera Época

Maracaibo-Venezuela

Realidad virtual y cartografía como estrategias de concientización ante riesgos de deslizamientos de tierra, Ciudad de México

Oscar Daniel Rivera González*
Mary Frances Teresa Rodríguez Van Gort**

RESUMEN

El presente artículo tuvo el objetivo de establecer mecanismos de concientización en la población que vive en zonas de riesgo ante posibles deslizamientos de tierra, mediante la elaboración de análisis cartográfico mostrado posteriormente con técnicas de realidad virtual, precisando que diversos acontecimientos geomorfológicos en la Ciudad de México (CDMX) y en ciertas partes de la República Mexicana son cada vez más frecuentes y dañinos para los habitantes. Metodológicamente se implementó la visualización de un modelo de realidad virtual trabajado en Tinkercad a partir de cartografía obtenida de Sistemas de Información Geográfica (SIG), mostrando las posibles afectaciones al domicilio examinado. Como resultado se pretende realizar la instauración de nuevas tecnologías como lo es la realidad virtual con base en resultados cartográficos previos; lo anterior, podrá ser utilizado para implantar mayor explicación a los habitantes sobre las repercusiones y afectaciones en caso de ocurrir algún deslizamiento de tierra, mismo que afectará su vivienda y, por ende, la integridad su familia.

PALABRAS CLAVE: Realidad virtual, cartografía, vivienda, afectaciones, deslizamientos de tierra.

* Profesor. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7698-7433>. E-mail: oscarriverag@filos.unam.mx

**Profesor. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3996-2282>. E-mail: francesrv@filos.unam.mx

Virtual Reality and Mapping as Landslide Risk Awareness Strategies, Mexico City

ABSTRACT

The objective of this article was to establish mechanisms to raise awareness among the population living in risk areas about possible landslides, based on cartographic analysis shown later with virtual reality techniques, specifying that various geomorphological events in Mexico City (CDMX) and in certain parts of the Mexican Republic are becoming more frequent and harmful to the inhabitants. Methodologically, the visualization of a virtual reality model worked in Tinkercad from mapping obtained from Geographic Information Systems (GIS) was implemented, showing the possible affectations to the examined domicile. As a result, it is intended to implement new technologies such as virtual reality based on previous mapping results, which can be used to provide greater explanation to the inhabitants about the repercussions and effects in the event of a landslide, which will affect their homes and, therefore, the integrity of their families.

KEYWORDS: Virtual reality, mapping, housing, affectations, landslides.

Introducción

La pérdida de vidas humanas y de vivienda en la CDMX derivadas de deslizamientos de tierra también conocidos comúnmente como desgajamientos de ladera o caídas de material, es algo que crece año con año según las características geográficas del sitio (Santiago, 2021). Diversas partes de la zona metropolitana cuentan con una geomorfología bastante accidentada según la caracterización del terreno, la cual, crea afectaciones ante diversos acontecimientos como lo son deslizamientos en caso de movimientos sísmicos, colapso parcial o total de techos de minas y reblandecimiento de paredes de ríos por lluvias extraordinarias.

Los procesos de ladera se presentan en varias partes del mundo, dependiendo en todo momento de las condiciones del entorno geográfico, así como múltiples factores que los detonan, entre ellos los más constantes son: fuertes lluvias, sismos y actividad antrópica que modifica las características naturales del terreno (Quesada, Moncada y Paz, 2018).

A lo largo de los años la actividad antropogénica tiene considerable influencia en los deslizamientos de tierra, la modificación del relieve natural con materiales para la construcción (Cuanalo, Oliva y Gallardo, 2011), establece nula filtración del agua de lluvia,

potencializando deslizamientos y acarreo de materiales en general incluyendo las construcciones.

El riesgo urbano cuestiona actualmente la planificación de las ciudades debido a las recurrentes pérdidas humanas, centrándose especialmente en la población de escasos recursos económicos que ocupa dichas zonas de riesgo, las cuales, son amenazadas frecuentemente por diversos fenómenos naturales y que combinados con la irregularidad del terreno resultan en severas afectaciones (Caballero, 2013).

La planificación urbana al no crecer acorde con las características geográficas del terreno, establece en todo momento un riesgo latente en la población que construye su vivienda en zonas con pendientes demasiado abruptas, por lo que, combinado con características hidrográficas, edafológicas, geomorfológicas y geológicas, crean problemáticas a futuro en caso de presentarse deslizamientos de tierra.

Por lo anterior, el objetivo central del presente análisis es instaurar mecanismos de concientización en los habitantes que habitan en zonas de riesgo ante potenciales deslizamientos de tierra, elaborado por medio de estudio cartográfico expuesto consecutivamente con procesos de realidad virtual con el objetivo de visualizar las potenciales afectaciones en su patrimonio.

Lo anterior, sería realizado con el objetivo de fomentar concertación entre autoridades gubernamentales y población, logrando una viable reubicación consensuada, evitando en todo momento imposición eliminando violencia física o verbal y desalojos forzados.

1. Estado del arte referente a la problemática

La explicación de la problemática acontecida en el presente análisis debe ser comprendida y estudiada con base en la investigación realizada con anterioridad, es muy importante percibir de donde provienen diversas afectaciones ante deslizamientos de tierra y conocer cuáles podrán ser las posibles soluciones.

Diversos Estados de la República Mexicana poseen características geomorfológicas que dificultan el establecimiento de construcciones seguras y confiables (Lugo y Córdova, 1992), por ende, la expansión urbana desmedida en ciertas zonas concibe características de riesgo muy alto.

Específicamente los estados de Puebla, Veracruz, Oaxaca, Michoacán, Estado de México (EDOMEX), CDMX, Hidalgo y Chiapas, entre otros, concentran municipios

registrados con población asentada en lugares con alto y muy alto riesgo ante la presencia de deslizamientos de tierra; algo que instaura inseguridad en su vivienda en todo momento según la combinación de varios factores geográficos y urbanos (Carrera, 2021).

Por lo anterior, es urgente implementar medidas reales de protección concertante con los habitantes, ya que la existencia de algunos episodios de expulsiones forzadas han sucedido en algunos Estados de la República Mexicana (Vera, 2019), con el objetivo de eliminar el riesgo de desastre ante deslizamientos; inclusive organizaciones de fuerza policiaca pública estatal y federal se han constituido para establecer expulsiones forzadas en áreas con diversos tipos y grados de riesgo; algo que debe ser eliminado con base en la concientización a dichas personas.

Es una realidad el número de decesos en diversos episodios geomorfológicos, mismos que siguen ocurriendo sin fomentar realmente una prevención por parte del aparato gubernamental, un ejemplo determinante fue lo acontecido el mes de octubre del año 1999; aconteciendo un deslizamiento de ladera de grandes proporciones en el estado de Puebla, específicamente en municipio de Teziutlán, ocasionando la muerte de más de 100 personas (Rivera, 2022a).

La reproducción de conocimiento científico y gestión con el aparato gubernamental debe evitar cualquier fallecimiento en la población derivado de alguna inestabilidad dl terreno; es muy importante implantar permanente coordinación entre académicos y políticos, con el objetivo de instituir medidas de prevención con la población y evitar catástrofes como la acontecida en el municipio de Teziutlán.

El conocimiento en la población sobre la reducción de riesgo de desastres debe realizarse antes de que los afecte el suceso geomorfológico, por lo anterior, la aplicación de estrategias educativas comunitarias constantes de concienciación y reflexión son vitales, por ello, es muy importante crear reflexión en los habitantes en cuanto al posible daño estructural en su vivienda y eventualmente en su integridad y en la de su familia (Vázquez, et al., 2017).

El acercamiento con la población debe ser en todo momento respetuoso y cuidadoso, comprendiendo el alto grado de necesidad social y económica existente en la mayoría de ellos, obligándolos a elegir establecerse en lugares con características inseguras y de riesgo permanente (Lara, 2015), sin embargo, la vida en cada ser humano es superior a cualquier

otra necesidad, por ello, la explicación y reflexión por medio de trabajadores sociales, psicólogos y sociólogos, es de gran importancia.

En la actualidad el uso de SIG, resulta indudablemente necesario para el análisis de las etapas de riesgos de desastre, así como de sus posibles resultados, enfocados para un mayor beneficio en la planificación, prevención, atención, gestión, corrección y mitigación siempre en beneficio de la población (Marcano, 2010).

El desarrollo actual de la informática ha establecido un mayor y mejor conocimiento de herramientas digitales para la gestión del territorio con base en el análisis del espacio geográfico, se avanza frecuentemente con el mejoramiento de la utilización de dichas técnicas geoinformáticas llamadas SIG (Sosa y Martínez, 2009), por ello, la importancia de la utilización temprana y profesional de dichos softwares, misma que deberá ser siempre con el objetivo de prevenir y con ello, otorgar soluciones reales ante deslizamientos de tierra, evitando cualquier tipo de catástrofe.

La conexión entre tecnología de realidad virtual e información proporcionada por SIG, construirá en la población la visualización de posibles situaciones reales de riesgo, así como sus afectaciones (figura 1), lo anterior, por medio de simulaciones realizadas e incorporadas a un sistema visual, con la posibilidad de crear proyecciones sobre posibles situaciones adversas en su vivienda (Flores, Camarena y Avalos, 2014).

Figura 1: Tecnología de realidad virtual



Fuente: (Creative, 2018).

La combinación de información visualización creada por SIG y realidad virtual, instaurará un contacto directo explicativo del riesgo, puntualizando que dicha escena proyectiva es siempre con la finalidad de concientizar a la población y no de alarmar o atemorizar a dichos habitantes que viven sobre alguna ladera.

La puesta en marcha de un sistema de control de actividades coordinadas mediante la gestión del riesgo y la implementación de herramientas tecnológicas actuales, permitirán enfrentar de mejor manera los deslizamientos de tierra y otras problemáticas que estriban dentro del componente geográfico, construyendo protección constante en el habitante (Rodríguez, 2021).

La instauración de métodos cuantitativos y de visualización, por medio de la digitalización utilizando Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs), son de valor importante creciendo con el paso del tiempo (Cruz, et al., 2019), el conjunto de datos y ordenamiento didáctico de los mismos, podrá instaurar un ambiente de proyección sobre la posible afectación en el entorno de la vivienda de pobladores que se encuentren habitando en alguna zona con riesgo.

La implementación de la realidad virtual para la neuronavegación en personas con base en la vivencia de ciertas situaciones actualmente se encuentra en vías de desarrollo, sin embargo, sería un parteaguas definitorio en el cuidado y protección a pobladores (Julio, et al., 2019).

La aplicabilidad del supuesto espacio real a partir de visiones virtuales que modifican los datos procesados en el cerebro y la proyección de un escenario que muestre posibles afectaciones, es de mucha relevancia; la manera en que visualmente las personas pueden recorrer un sitio proyectivo de riesgo en su hogar según su percepción, podría incentivar una conciencia y reflexión en ellos, con la finalidad de advertirles en la exposición que se encuentran inmersos y las posibles consecuencias en caso de existir algún deslizamiento de tierra parcial o total en su vivienda.

Elaborando un resumen del aparato teórico anterior sobre la realidad virtual como herramienta para la concientización del riesgo, es posible obtener una viable solución efectiva a futuro con la alternativa de crear conciencia y reflexión en los habitantes, recordando que la prevención con base en la gestión y trabajo entre autoridades, científicos y población, será de mayor aporte que la corrección o reparación del daño una vez ocurrida el suceso.

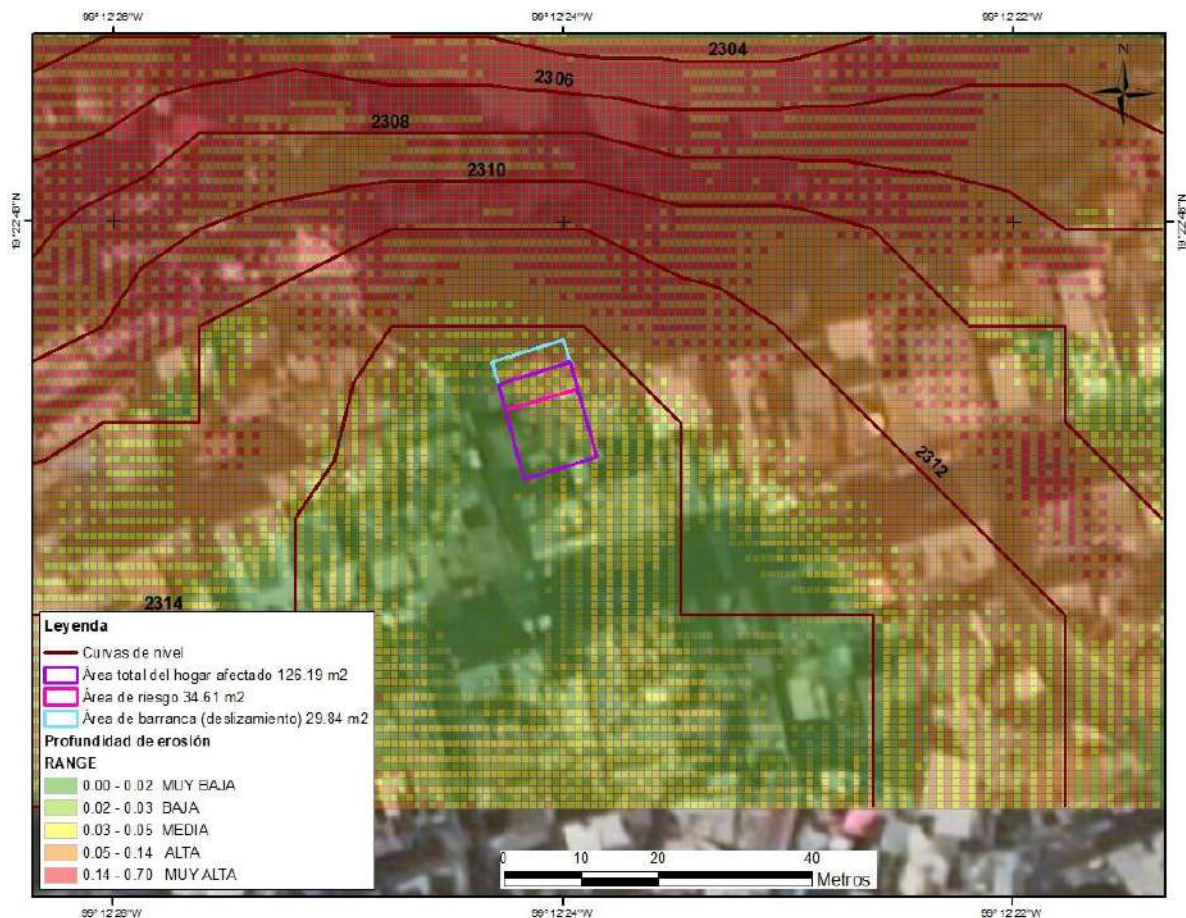
2. Realidad virtual aplicada en modelos de deslizamientos de tierra

Primeramente, se deberá realizar el modelado del posible deslizamiento de tierra en algún SIG gratuito o de paga, puntualizando que cualquiera de los dos antes mencionados tiene la misma eficacia para construir el modelo preventivo.

Actualmente existen diversos métodos y artículos científicos que explican detalladamente procedimientos puntuales sobre la construcción de modelos a partir de computadores utilizando SIG (Rivera, 2021), en los cuales, se explica la manera de crear metodológicamente mapas geoinformáticos en 2D y 3D de prevención y de alerta temprana.

A manera de ejemplo, a continuación, se muestra el lugar y resultado cartográfico de un modelo aplicado en una zona de alto riesgo dentro de la CDMX (figura 2), mismo que sirve como parteaguas para la comprensión de la instauración del video de realidad virtual.

Figura 2. Zona de implementación del modelo de deslizamiento de ladera



Fuente: (Rivera, 2022b: 113).

Es importante puntualizar que al generar cualquier tipo de modelado con base en cartografía digital implementada en SIG, complementará cualquier tipo de mapeo alguna muestra con imágenes 3d (figura 3), con el objetivo de hacer más comprensible a la población las geoformas en las que se encuentra la instauración del video de realidad virtual.

Figura 3. Zona en 3d del lugar de implementación del modelo de deslizamiento de ladera



Fuente: (Rivera, 2022b: 101).

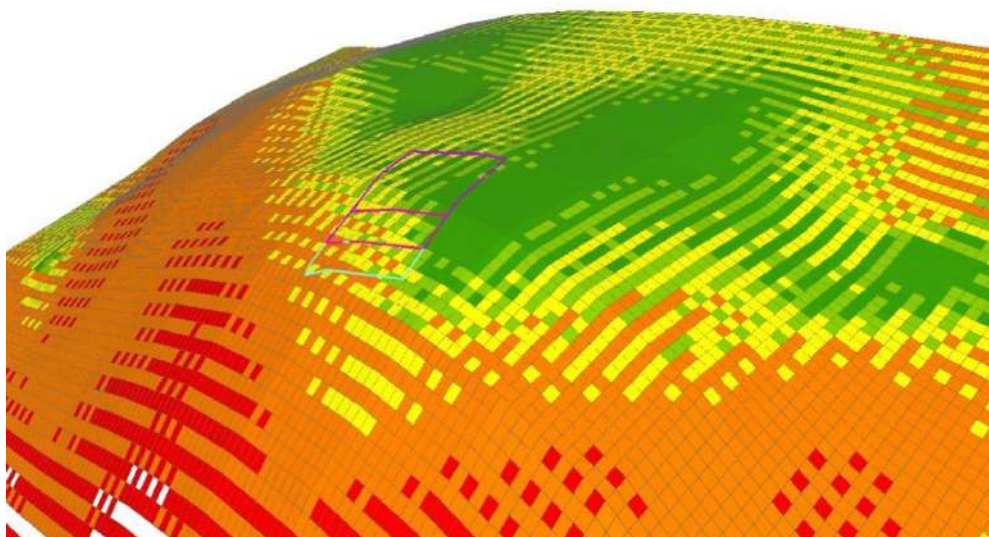
Una vez obtenidos los resultados del modelo y visualizado en 3d con base en los niveles de riesgo (figura 4), se deberá establecer contacto directo con la población, con el objetivo de explicar las posibles afectaciones a su vivienda. Es muy importante el convencimiento por medio de concertación sobre dicha problemática según el riesgo en el que se encuentran; ya que ineludiblemente se deberá realizar la instauración del modelo de realidad virtual directamente en el hogar de los posibles afectados.

Se debe destacar que el traslado del modelo 3D al de realidad virtual, debe ser metódico y preciso, ya que se deberá medir cada uno de los polígonos obtenidos del modelo original del SIG y convertirlos a metros (figura 5), lo anterior, con la premisa de trasladar el área de deslizamiento al software Tinkercad y analizarlo de manera empírica (figura 6), precisando que dicho software es gratuito y utilizable en la red para cualquier usuario (Autodesk, 2023).

Una vez instaurado el modelo de realidad virtual dentro de la vivienda, se deberán emplear diversos softwares y aplicaciones, en el presente análisis se utilizó Merge object viewer igualmente gratuito, utilizable y descargable en la red (Mergeedu, 2023), el cual, servirá como herramienta para visualizar el modelo final y pueda utilizarse como realidad virtual dentro de la vivienda (figura 7).

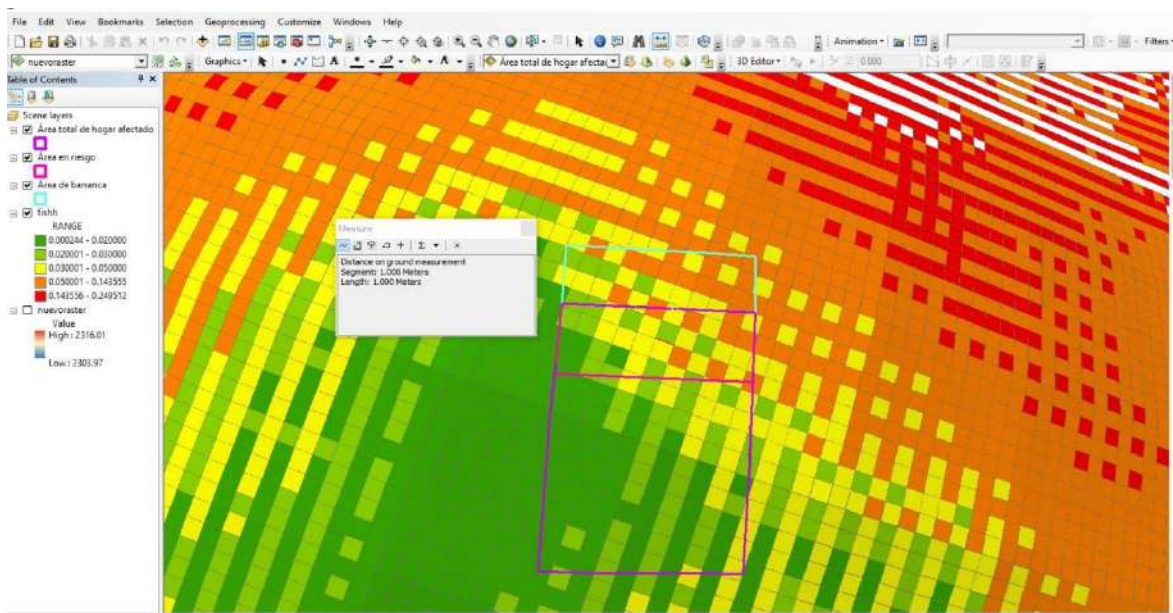
El modelo resultante deberá ser convertido a formato de video con extensión mp4 para su correcta visualización, así mismo, utilizar lentes o gafas de realidad virtual de manera obligatoria ya que al incorporar dichos artefactos el usuario pierde la realidad del entorno geográfico, solo centrándose en lo que observa dentro de la realidad virtual, lo anterior, es con el objetivo de presentar a la población el modelo y con ello, analicen cuáles podrían ser las afectaciones directas en su vivienda y el riesgo en el que se encuentran inmersos.

Figura 4: Visualización en 3d formato raster, lugar de implementación del modelo de deslizamiento de ladera



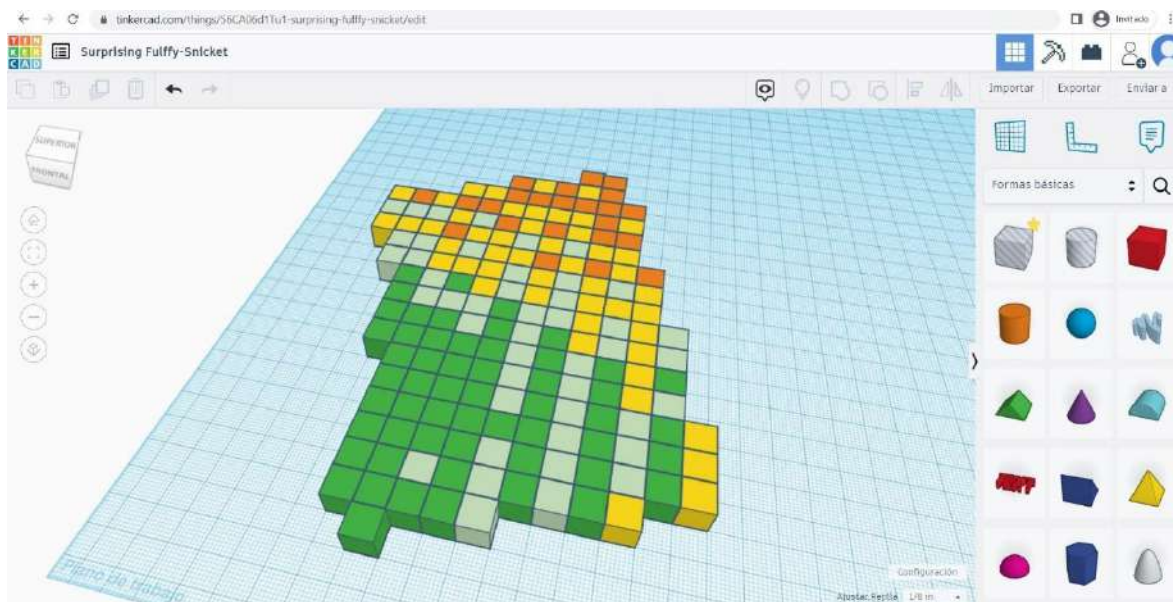
Fuente: elaboración propia con SIG ArcMap.

Figura 5. Impresión de pantalla zona de estudio 3d, área del hogar afectado, área de riesgo y área de barranca



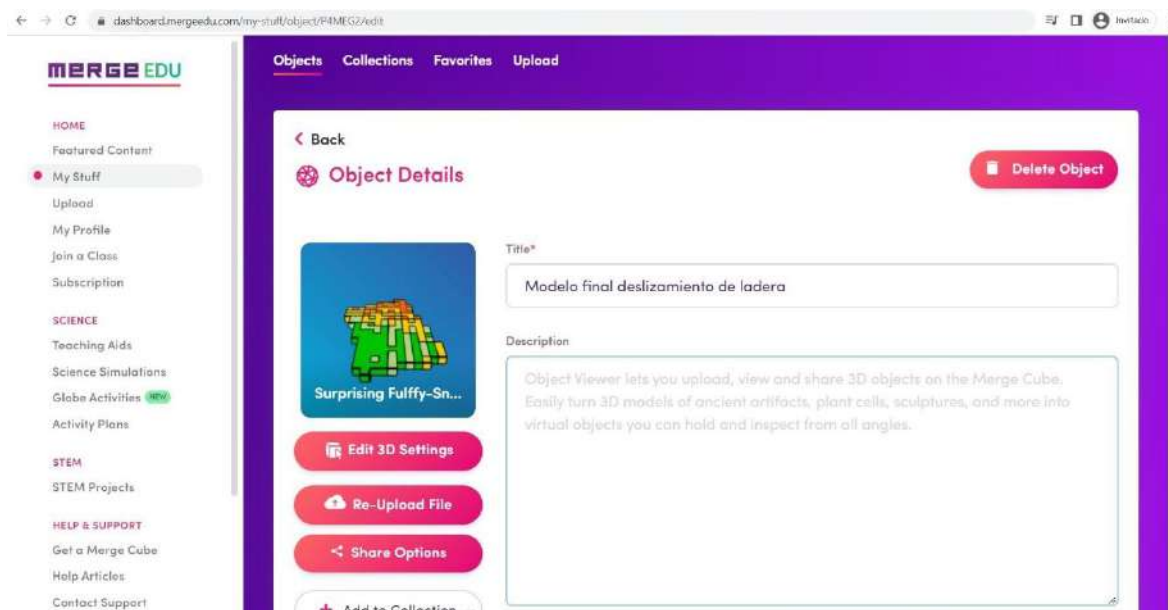
Fuente: elaboración propia con SIG ArcMap.

Figura 6: Interfaz de trabajo del software Tinkercad



Fuente: elaboración propia con software Tinkercad.

Figura 7: Interfaz de trabajo del software Merge



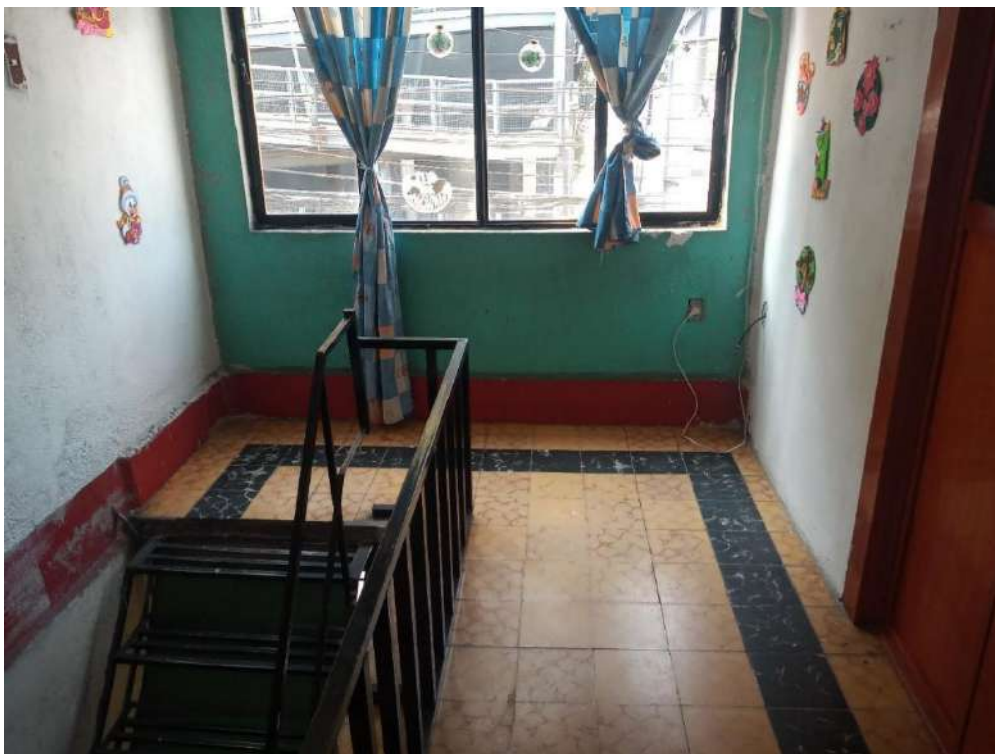
Fuente: Elaboración propia con software Merge.

La visualización del modelo de realidad virtual instaurado fomenta una cercanía general de la posible situación de riesgo en algún patrimonio (Vera, Ortega y Burgos, 2003), mostrando el domicilio primeramente sin afectaciones actuales (figura 8) y los posibles riesgos establecidos a futuro por medio de realidad virtual (figura 9), el cual, exhibe solo un ejemplo, mismo que puede ser mejorado en gran proporción con otro tipo de técnicas informáticas.

Es importante puntualizar que la metodología anterior es obtenida en su totalidad de manera gratuita y sin costo extra, instaurando facilidad en la elaboración y resultado del modelo final, lo cual, puede ser establecido en cualquier lugar del mundo donde acontezcan problemáticas similares como la abordada en el presente análisis.

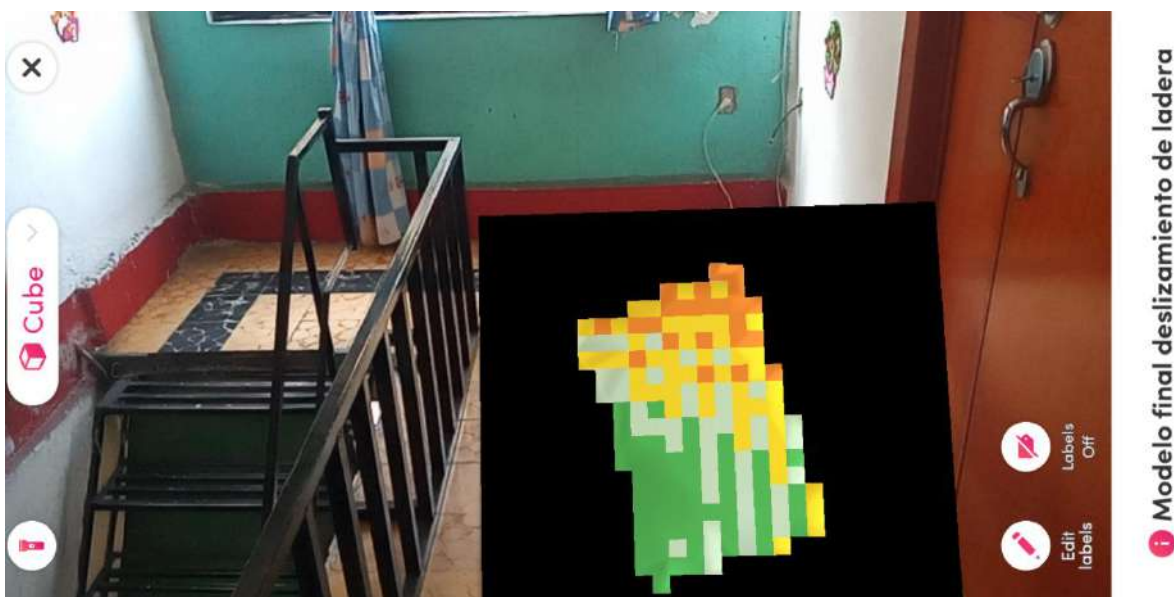
Así mismo, es relevante aclarar que la metodología de los SIG y aporte del presente modelo de realidad virtual, puede ser mejorada en diversas vertientes con algunas otras técnicas existentes en la actualidad, con el objetivo de establecer un realismo preciso a la población al mostrarle dicha modelación.

Figura 8: Interior del hogar sin afectaciones



Fuente: elaboración propia.

Figura 9: Resultado del modelo de realidad virtual, interior del hogar con posibles afectaciones ante algún deslizamiento de tierra.



Fuente: elaboración propia.

3. Realidad virtual y prevención ante desastres

La instauración de mecanismos informáticos en la actualidad debe utilizarse en todo momento para el bienestar y protección en los habitantes, analizando en todo momento el espacio geográfico y cada uno de sus componentes, por ello, es indispensable examinar diversos elementos naturales en beneficio de poblaciones que se encuentran inmersos en cierto nivel de riesgo ante cualquier posible afectación en su patrimonio e integridad.

Recientemente diversas herramientas informáticas se encuentran en constante evolución, específicamente la realidad aumentada, la realidad virtual, la realidad mixta y el vídeo en 360°, estableciendo en poblaciones europeas medios de comunicación para mostrar informaciones con algunas características existentes en la naturaleza (Sánchez y Triguero, 2022).

Las tecnologías con base en visualizaciones por medio de realidad virtual pueden potencialmente forjar conciencia y reflexión en diversas poblaciones ante múltiples situaciones de riesgo, el trabajo entre los SIG y las técnicas de realidad virtual compaginan modelos con altos grados de precisión para su posible instauración.

Diversos comportamientos humanos son identificados generalmente a partir de la observación de un evento específico en determinado lugar, por lo anterior, se clasifica dicho evento natural según el origen y nivel de riesgo ante alguna amenaza; más aún cuando la población inmersa en el riesgo observa las potenciales afectaciones en su patrimonio según modelos preventivos (Damienne et al., 2021).

Es de gran relevancia la incorporación de modelos preventivos con base en realidad virtual, la repetición de dichos modelos puede ser instaurada de manera general en diversas partes del mundo, replicando la importancia de la construcción de modelos preventivos con base en SIG mostrados cartográficamente y visualmente por medio de realidad virtual. Por lo anterior, diversos pobladores conocerán que dicho modelado es puntual y específico, mismo que servirá para instituir algún aviso oportuno en ellos y conozcan que medidas preventivas aplicar.

La afectación social, física y emocional, así como los costos de recuperación posterior a un fenómeno desastroso, es muy alto comparado con lo que se invierte en medidas preventivas, por ello, el trabajo entre académicos, políticos y sociedad, debe aprovechar en conjunto los recursos digitales y tecnologías de la comunicación (Cámara de Diputados, 2017).

La prevención cuida y fomenta la precaución en la población, la corrección del daño establece formas de reparación después de una catástrofe, es oportuno mencionar que la institución gubernamental en México encargada de instituir dicha prevención es el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), mismo que aporta beneficio postdesastre, ya que implanta diversas medidas de recuperación y atención en habitantes después de algún evento de origen natural, sin embargo, aún falta mucho por aportar en el caso preventivo y ello, pueda distribuirse con base en el aprovechamiento de los SIG mostrando resultados por medio de videos de realidad virtual, con el objetivo de que se analice protección civil ante alguna posible catástrofe ambiental de origen geológico, hidrometeorológico, volcánico o sísmico.

Académicamente los sistemas informáticos de realidad virtual deben incorporarse paulatinamente en los estudiantes de licenciaturas referidas al cuidado poblacional por ciertos fenómenos naturales, por lo que las licenciaturas y posgrados en temas geográficos, geológicos, hidrográficos, antropológicos, geofísicos, entre otros, deben darse a conocer a la población estudiantil y a los recientes egresados, logrando que los modelos mostrados a partir de la realidad virtual sean más populares y mayormente aceptados en la sociedad (Cantón, et al., 2017).

La popularidad de herramientas de realidad virtual debe ser un instrumento vital en la actualidad, con la premisa de fomentar prevención en la población, por ello, su uso y aplicación teórica en alumnos en niveles superiores y de posgrado, debe enseñarse a lo largo de licenciaturas que se centran en la relación ser humano y naturaleza.

El vínculo directo y creciente que debe trabajarse e implementarse entre la realidad virtual, SIG y ciencias sociales, debe ser permanente en apoyo a la población que se encuentra inmersa en algún grado de riesgo, ello permitirá que sea aplicado en sociedades donde la catástrofe es prácticamente inminente, con ello, se evitarán posibles decesos en habitantes (Giraldo, 2011).

Es mucho el compromiso que existe entre expertos académicos de diversas ciencias físicas y sociales, la comunicación constante entre investigadores de distintas áreas de trabajo referida al riesgo, debe ser concertante y de aporte a la población que se encuentra bajo alguna amenaza, por ello, es muy importante fomentar comunicación directa entre ciencias.

El presente apartado evidencia que la realidad virtual puede convertirse en una herramienta sustancial incorporada directamente al territorio, su aporte es tan sustancial que podrá organizar alguna reestructuración urbana o rural entre pobladores y aparato gubernamental sin establecer ningún grado de violencia, sin embargo, actualmente aún queda mucho camino por recorrer en la muestra del avance en realidad virtual dirigida a la población.

Conclusiones

La aplicabilidad de realidad virtual con base en realidad aumentada es de suma importancia ante posibles riesgos de desastre, es significativo puntualizar que cuando se comienza a realizar el modelo directamente en la vivienda es conocido como realidad aumentada debido al entorno (Piscitelli, 2017), ya que, permite que algún usuario observe parte del mundo real a través de un móvil sin perder su realidad, lo cual, hace que la visualización sea limitada hasta cierto punto en cuanto a una posible proyección imaginaria.

Por lo anterior, la realidad aumentada se convierte en realidad virtual cuando se realiza la conversión por medio de aparatos digitales resultando un video, con la finalidad de mostrar a la población el resultado por medio de lentes de realidad virtual implantando la pérdida total del entorno, concibiendo una posible reflexión en la persona debido a lo que observa y procesa en su cerebro.

Es importante mencionar que la confianza del modelo expuesto radica directamente del trabajo previo a través de SIG según datos cuantitativos, estableciendo solo representación visual el modelo de realidad virtual.

La explicación a la población y muestra del riesgo según la visualización del video de realidad virtual, podrá instaurar reflexión y concientización (Yeltic, 2017), sin embargo, en caso de persistir negación y molestia en el habitante se le deberá explicar cada uno de los elementos mostrados a partir del modelo sin transgredir sus intereses y en ningún momento fomentar confrontaciones; puntualizando que el objetivo de la muestra de la realidad virtual es concienciar y no atemorizar.

Es sumamente importante puntualizar que dicha explicación y aplicación del modelo virtual debe ser explicada por medio de especialistas en el tema, como lo son: psicólogos, trabajadores sociales y sociólogos, con la finalidad de forjar reflexión en las personas que se encuentran habitando en zonas de barranca susceptibles deslizamientos de tierra, inclusive

lo anterior, se podrá implantar a futuro en grandes reubicaciones consensuadas o reestructuraciones urbanas replicándose en otras zonas de México y del mundo, en donde las características geomorfológicas, hidrológicas, edafológicas, geofísicas y geológicas, sean similares a la analizada en el presente estudio.

Bajo ningún argumento deben utilizarse los modelos de realidad virtual para fundar temor o pánico en la población, por ello, es muy importante que la explicación del resultado obtenido se realice con respeto en todo momento preguntando si desean ver dicho video, con la finalidad de que su visualización sea aceptada y elijan una postura positiva (Redacción, 2016).

Es prudente mencionar que el grado de error existente en el modelo de realidad virtual se encuentra contenido específicamente en el SIG, el cual, podría ser de 10 a 15 metros en longitud, latitud o altitud en caso de imágenes raster, diferenciándose de la técnica geoinformática de puntos lidar o fotogrametría a partir de drones, siendo su exactitud de centímetros hasta un metro de error (Salamanca y Pérez, 2008), lo anterior, debe ser comprendido por el investigador debido a la explicación a la población una vez mostrado el video de realidad virtual.

La reflexión y protección a la población a partir de modelo y video de realidad virtual será determinante para una posible reubicación pronta, algo que debe instaurarse evidentemente en caso de un riesgo latente que pueda crear afectaciones y posibles decesos en la población, por ello, la gestión entre gobierno, científicos y población, tiene que ser concertante, con el objetivo de no afectar el modo de vida de las personas y por ende su patrimonio; pero al mismo tiempo protegerlos de alguna afectación que sea potencialmente perjudicial en sus vidas.

Agradecimientos

A la UNAM derivado de los resultados parciales del proyecto de investigación de la estancia posdoctoral realizada gracias al Programa de Becas Posdoctorales en la UNAM (POSDOC).

Referencias

Autodesk. (2023). Todo lo que necesitas en un... *Tinkercad*. <https://www.tinkercad.com/>

Caballero, E. (2013). Los riesgos urbanos y la justicia urbana en Centroamérica. *Anuario de Estudios Centroamericanos*, 39. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15233381002>

Cámara de diputados. (2017). Tecnología Cívica para una cultura de prevención de desastres. *Central Media Producciones S.A. de C.V.* http://biblioteca.diputados.gob.mx/janium/bv/ceameg/lxiii/tecciv_predes_lxiii.pdf

Cantón, D., Arellano, J., Hernández, M. y Nieva, O. (2017). Uso didáctico de la realidad virtual inmersiva con interacción natural de usuario enfocada a la inspección de aerogeneradores. *Apertura*, 9(2), 8-23. <https://doi.org/10.32870/ap.v9n2.1049>

Carrera, J. (2021). En alto riesgo por deslizamientos y laderas, 196 municipios de la entidad. *Diario Contra Réplica*. O <https://puebla.contrareplica.mx/nota-En-alto-riesgo-por-deslizamientos-y-laderas-196-municipios-de-la-entidad-202130635>

Creative. (2018). Realidad virtual, la era de la experiencia. *Magazine*. <https://goblincreative.com/magazine/realidad-virtual/>

Cruz, M., Pozo, M., Aushay, H. y Arias, A. (2019). Las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) como forma investigativa interdisciplinaria con un enfoque intercultural para el proceso de formación estudiantil. *Revista e-Ciencias de la Información*, 9(1). <https://doi.org/10.15517/eci.v1i1.33052>

Cuanalo, O., Oliva, A. y Gallardo, R. (2011). Inestabilidad de laderas. Influencia de la actividad humana. *Elementos*, 84 39-46. <https://elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/00000001436.pdf>

Damienne, P., Edwige, D., Nathalie, V., Valentina, L., Rodolphe, C., Cyrille, B. y Aziz, A. (2021). Comportamientos humanos en situación de desastre: de la observación a la modelización conceptual y matemática. *Cybergeog: European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeog.37495>

Flores, J., Camarena, P. y Avalos, E. (2014). La realidad virtual, una tecnología innovadora aplicable al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería. *Apertura*, 6 (2),1-10. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68835725008>

Giraldo, A. (2011). Realidad virtual: análisis del marco teórico para explorar nuevos modelos de comunicación. *Anagramas -Rumbos y sentidos de la comunicación*, 9(18). <https://doi.org/10.22395/angr.v9n18a7>

Julio, J., Peñaloza, M., Rodríguez, J., Chacón, G., Martínez, J., Saquipay, H., Castañeda, D., Pesantez, X., Salazar, J., Áñez, R. y Bermúdez, V. (2019). La realidad virtual como herramienta en el proceso de aprendizaje del cerebro. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 38 (2). https://www.revistaavft.com/images/revistas/2019/avft_2_2019/17la_realidad_virtual_como_herramienta.pdf

- Lara, D. (2015). Grupos en situación de Vulnerabilidad. *Colección de textos sobre Derechos Humanos*, ISBN: 978-607-729-040-7. http://appweb.cndh.org.mx/biblioteca/archivos/pdfs/fas_CTDH_GruposVulnerabilidadlaReimpr.pdf
- Lugo, J. y Córdova, C. (1992). Regionalización geomorfológica de la república mexicana. *Investigaciones geográficas*, (25), 25-63. <https://doi.org/10.14350/rig.59012>
- Marcano, A., y Cartaya, S. (2010). La Gestión de Riesgos de Desastres y el Uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG): Algunas Consideraciones. *Revista Universitaria Arbitrada de Investigación y Diálogo Académico*, 6 (3). https://www.researchgate.net/profile/Scarlet-Cartaya-Rios/publication/280091023_La_Gestion_de_Riesgos_de_Desastres_y_el_Uso_de_los_Sistemas_de_Informacion_Geografica_SIG_Algunas_Consideraciones/links/55a7df8508ae815a0420ffc9/La-Gestion-de-Riesgos-de-Desastres-y-el-Uso-de-los-Sistemas-de-Informacion-Geografica-SIG-Algunas-Consideraciones.pdf
- Mergeedu. (2023). Aprende ciencias, domina STEM, prepárate para el futuro. *Merge Labs*. <https://mergeedu.com/>
- Piscitelli, A. (2017). Realidad virtual y realidad aumentada en la educación, una instantánea nacional e internacional. *Economía Creativa*, (07), 33-65. <https://doi.org/10.46840/ec.2017.07.03>
- Quesada, A., Moncada, R., y Paz, J. (2018). Las investigaciones sobre movimientos de laderas en Costa Rica, Honduras, México y Nicaragua: enseñanzas desde la academia, las agencias de cooperación y las instituciones públicas. *Revista Geográfica De América Central*, 1(60), 17-60. <https://doi.org/10.15359/rgac.60-1.1>
- Redacción. (2016). La realidad virtual para concienciar sobre el pronóstico de desastres naturales. *Real o virtual*. <https://www.realovirtual.com/noticias/3017/realidad-virtual-concienciar-sobre-pronostico-desastres-naturales>
- Rivera, O. (2021). Afectaciones por procesos gravitacionales en momento sísmicos y nivel de erosión del suelo, Colonia Acuilotla (CDMX, México). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense* 41(2), 483-504. <https://doi.org/10.5209/aguc.79346>
- Rivera, O. (2022a). Riesgo de origen geomorfológico en zonas rurales y urbanas ante procesos gravitacionales, Teziutlán Puebla, México. *Revista Científica De FAREM-Estelí* 11(42), 172-190. <https://doi.org/10.5377/farem.v11i42.14697>
- Rivera, O. (2022b). Seguridad en Vivienda, Afectaciones por Inestabilidad de Laderas, Precipitación y Erosión, Barrio Norte, México. *Scientific Research Journal CIDI*, 2(3), 93-121. <https://doi.org/10.53942/srjci.v2i3.83>
- Rodríguez, G. (2021). Disaster Risk Management through the Use of ICT: a Review. *TECHNO REVIEW. International Technology, Science and Society Review/Revista Internacional De Tecnología, Ciencia Y Sociedad*, 10(2), 213-237. <https://doi.org/10.37467/gkarevtechno.v10.3038>

Salamanca, J. y Pérez, J. (2008). LIDAR, una tecnología de última generación, para planeación y desarrollo urbano. *Ingeniería*, 13(1),67-76. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=498850166010>

Sánchez, M. y Triguero, O. (2022). La Realidad Virtual como herramienta en la comunicación de desastres naturales: el caso de RTVC y su representación de la erupción del volcán de la Palma. *Estudios sobre el Mensaje Periodístico*, 28(4), 983-997. <https://doi.org/10.5209/esmp.81243>

Santiago, D. (2021). 70 colonias de la CDMX enfrentan peligro de deslaves, según el Atlas de Riesgos. *Expansión Política*, 16, 2021. <https://politica.expansion.mx/cdmx/2021/09/16/70-colonias-de-la-cdmx-con-peligro-de-deslaves-segun-el-atlas-de-riesgos>

Sosa, J. y Martínez, F. (2009). Los sistemas de información geográfica y su aplicación en enlaces de comunicaciones. *Científica*, 13(1),27-34. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61412184005>

Vázquez, L., Rodríguez, G., Ortiz, S., Olivera, M., Grillo, P., y Bécquer A. (2017). La prevención del riesgo de desastres en la comunidad. *Rev Méd Electrón*, 39 (5). <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=77233>

Vera, G. (2019). La Zona Metropolitana de Monterrey y las reubicaciones por desastres. Pasado y presente. *Estudios Latinoamericanos*, (43), 79-98. <https://doi.org/10.22201/cela.24484946e.2019.43.72806>

Vera, G. Ortega, J., y Burgos, M. (2003). La realidad virtual y sus posibilidades didácticas. *Etic@net: Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento*, 2. <http://ugr.es/~sevimeco/revistaeticanet/Numero2/Articulos/Realidadvirtual.pdf>

Yeltic (2017). Realidad Virtual y simuladores para la prevención de desastres naturales. *Medium*. <https://medium.com/@YelticVR/realidad-virtual-y-simuladores-para-la-prevenci%C3%B3n-de-desastres-naturales-c746c751cb17>