

# METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE LA GEOMÁTICA APLICADA EN MODELOS DE PREDICCIÓN REAL EN ZONAS URBANAS MARGINADAS VULNERABLES A PROCESOS GRAVITACIONALES, ALCALDÍA ÁLVARO OBREGÓN, CDMX, MÉXICO

Oscar Daniel Rivera González<sup>1</sup>

## Resumen

La metodología presentada en el presente artículo de investigación, es una técnica mejorada de la revista del Instituto Panamericano de Geografía e Historia en su edición 2019, para observar y comprender su mejoría, se necesita contrastar la metodología anterior con la desarrollada actualmente, es por este motivo la mención, utilizando a la Geomática como herramienta auxiliar, aproximadamente de 5 a 6 metros de tolerancia de error en la metodología actual, la cual es mas precisa, todo esto llevándolo a la realidad para poder generar prevención real por parte de las autoridades de la alcaldía Álvaro Obregón, sobre la presencia de asentamientos humanos permitidos y no permitidos, en la cual, se observa algún grado de vulnerabilidad geomorfológica, así mismo, el alto nivel de marginación por parte de las familias, que en algún momento has sufrido algún proceso gravitacional, generando afectaciones a la población con base en noticias periodísticas (véase figuras 1 y 2), lo que arrastra o acarrea la cimentación de las construcciones existentes, más aún en temporada de lluvias, movimientos sísmicos, colapsos de techos de minas, lo cual ocasiona pérdida de vidas humanas.

Primeramente se tratará de dar solución a lo antes mencionado con base un error de campo de 9 a 12 metros en la latitud, longitud o altitud, en la primera metodología, utilizando archivos Raster extensión TIFF y GEOTIFF, obtenidos de la página electrónica de la National Aeronautics and Space Administration (NASA): <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>, y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI): <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/relieve/continental/>, con base en estos archivos, se generaron modelos de predicción o prevención 3d, con ayuda de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y visitas a campo, mejorándolo con la segunda metodología utilizando fotogrametría a partir de vehículos no tripulados conocidos como drones, con un error aproximado de 5 a 6 metros.

**Conceptos clave:** Procesos gravitacionales, modelos de predicción o prevención, Sistemas de Información Geográfica (SIG).

## Introducción

La Alcaldía Álvaro Obregón se encuentra al Oeste de la Ciudad de México, en las coordenadas: 19° 14'; 19° 25' N y 99° 10'; 99° 20' W, su área territorial es de 96.17 km<sup>2</sup>, ubicada sobre las laderas del volcán San Miguel perteneciente a la Sierra de las Cruces. La geomorfología de la alcaldía es el resultado de grandes derrames de lavas fuertemente accidentados y fracturados, aunado con las pendientes, resulta en zonas susceptibles a presentar procesos gravitacionales (Figuras 1 - 4) según noticias periodísticas y cartografía generada con SIG, y un material recientemente encontrado en trabajo de campo, el cual es tierra o piedra pómez, mismo que se convierte en un tipo de masa con la lluvia, la cual hace más peligrosos algunos sitios dentro de la zona de estudio, así como en las construcciones existentes y que en ocasiones incrementan el número de pisos.

---

<sup>1</sup> Licenciado en Geografía UNAM, Especialista en Economía Ambiental UNAM, Maestro en Urbanismo UNAM, Estudiante 3er semestre Doctorado Urbanismo UNAM, oscardanieldanyboy@hotmail.com

Figura 1: Noticia periodística donde acontecieron procesos gravitacionales y afectaciones urbanas.

via-ocasiona-derrumbes-alvaro-obregon-y-cuajimalpa

**EL ZOCALODF** Política de nivel

Portada Gobierno ALDF Delegaciones Partidos Políticos Derechos Humanos Seguridad

Inicio

## Lluvia ocasiona derrumbes en Álvaro Obregón y Cuajimalpa

04/09/2014



El derrumbe de una vivienda y daños a un vehículo en la delegación Álvaro Obregón, así como la caída de árboles e inundaciones en Cuajimalpa, fue el resultado de la intensa lluvia ocurrida las últimas horas en la Ciudad de México.

La Secretaría de Protección Civil del DF informó que afortunadamente en ninguno de los percances ocurrieron lesionados, y los daños materiales hasta el momento no han sido

cuantificados. Sin embargo, afirmó, los elementos del Operativo "Tormenta" están pendientes para intervenir en caso de requerir sus servicios.

El jefe delegacional de Cuajimalpa, Rubén Ruvalcaba Suárez, informó que la lluvia que se prolongó hasta la madrugada de ayer, provocó tres deslaves y la caída de algunos árboles, así como encharcamientos en las principales vialidades.

Empero, aseguró que con el apoyo de bomberos, personal de Protección Civil y trabajadores de la propia delegación, cerca del mediodía quedó normalizada la vialidad, luego de retirar tierra, ramas y árboles, así como el agua estancada que en algunos puntos alcanzó hasta los 40 centímetros.

Explicó que los deslaves ocurrieron en la esquina de Tamarindos y Texcalco, colonia de Tlapexco; otro, en Bosques de los Cedros y Bosque de Radiatas, en el Desierto de los Leones; y uno más en la calle Constanza número 33, donde persiste el riesgo de caída de árboles de continuar la lluvia.

Mientras tanto, los encharcamientos ocurrieron en calles y avenidas de la demarcación, lo que ocasionó congestionamientos viales que se prolongaron hasta la madrugada.

En tanto, en la calle Abedul y Paseo de Alcanfores, colonia Garcimarrero, en Álvaro Obregón, ocurrió el derrumbe de una vivienda, debido al reblandecimiento del terreno, cuyos hechos alcanzaron a cubrir un automóvil estacionado en la calle.

ShareThis

Alvaro Obregón Delegaciones Cuajimalpa

» Añadir nuevo comentario

f t w

Fuente: Google, (2019). [En línea]. México, disponible en: <http://www.elzocalodf.com.mx/lluvia-ocasiona-derrumbes-alvaro-obregon-y-cuajimalpa> [Consultado el día 5 de mayo del 2019].

**Figura 2: Noticia periodística donde acontecieron procesos gravitacionales y afectaciones urbanas.**

erta-amarilla-3-delegaciones-preven-caida-de-granizo/



COMPARTIR



Redacción ejecentral

Un deslizamiento de tierra de una barranca dañó la barda de un salón de clases de la primaria República de Jamaica, en la colonia Pirul, delegación Álvaro Obregón.

La afectación fue en aproximadamente tres metros de largo del muro causando daños en la ventana y la barda de la escuela

En tanto la Secretaría de Protección Civil de la Ciudad de México activó la **Alerta Amarilla** por lluvia para Azcapotzalco, Miguel Hidalgo y Cuauhtémoc, que se suman a otras 12 delegaciones.

La alerta amarilla se mantiene para Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Tlalpan, Coyoacán, Tláhuac, Xochimilco, Benito Juárez, Gustavo A. Madero, Iztacalco, Iztapalapa y Venustiano Carranza.

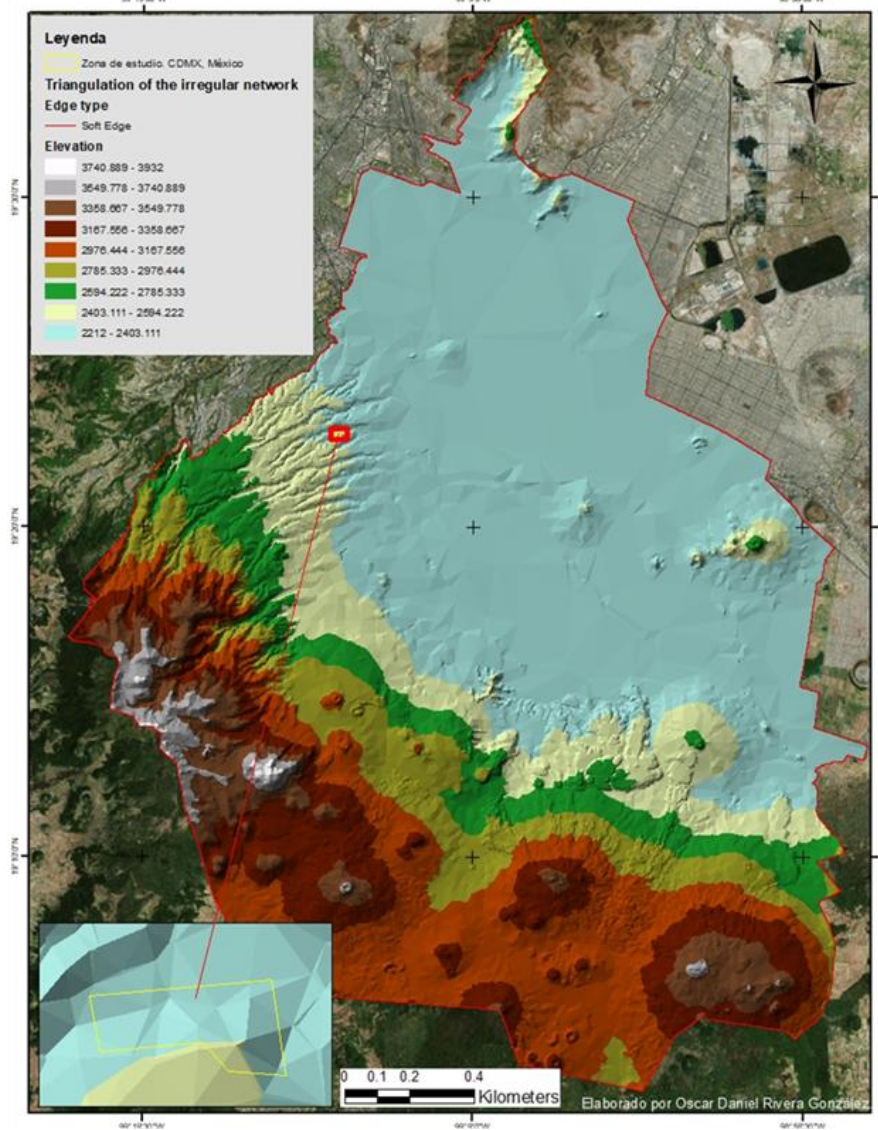
La dependencia del gobierno capitalino informó que se **prevé la caída de granizo entre las 19:00 y las 21:00 horas**, así como de la intensificación de una tormenta en Cuauhtémoc y Benito Juárez.

Además, debido a las lluvias en diferentes puntos de la ciudad, el **Sistema de Transporte Colectivo (STC) Metro** avisó a los usuarios que por su seguridad habrá una **disminución en la velocidad de los trenes**

Fuente: Google, (2019). [En línea].

México, disponible en: <http://www.ejecentral.com.mx/alerta-amarilla-3-delegaciones-preven-caida-de-granizo/> [Consultado el día 8 de mayo del 2019].

Figura 3. Elaborada con base en datos Raster del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).



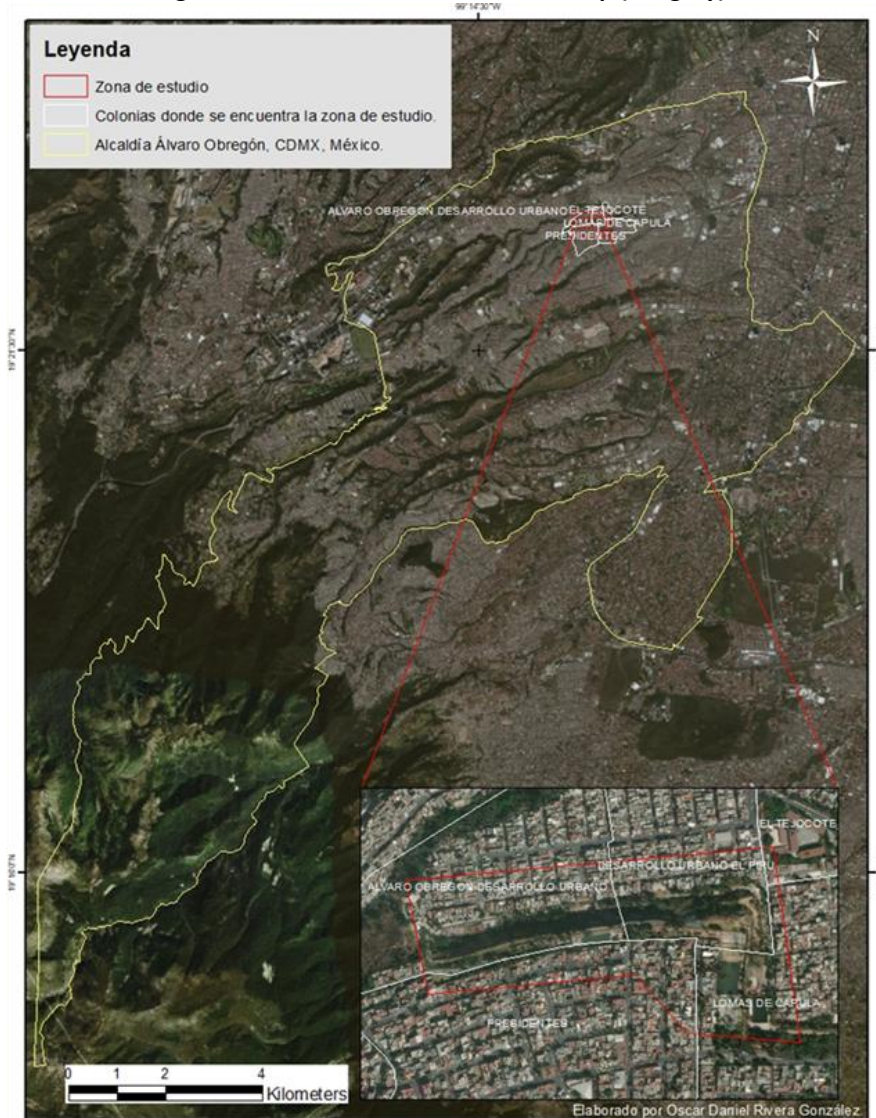
Elaboración propia con Software ArcGis

Las colonias estudiadas fueron: Desarrollo Urbano, Desarrollo Urbano el Pirú, Presidentes, Tejocote y Lomas de Capúla (Figura 4) dentro las cuales converge la zona de estudio de esta propuesta.

“Las amenazas, junto con las condiciones imperantes de exposición, vulnerabilidad y resiliencia, causan riesgo. Las amenazas, cuando se materializaron como un evento físico concreto, pueden desencadenar una escalada de condiciones ya de por si inseguras, en un estado de crisis o emergencia”. (Alcántara, 2016: 38).

Con base en la cita anterior, las cinco colonias mencionadas anteriormente no son de interés para el Gobierno Mexicano, ya que son zonas olvidadas por su grado de marginación económica y social, sin importar pareciera su posible acontecimiento derivado de procesos de remoción en masa.

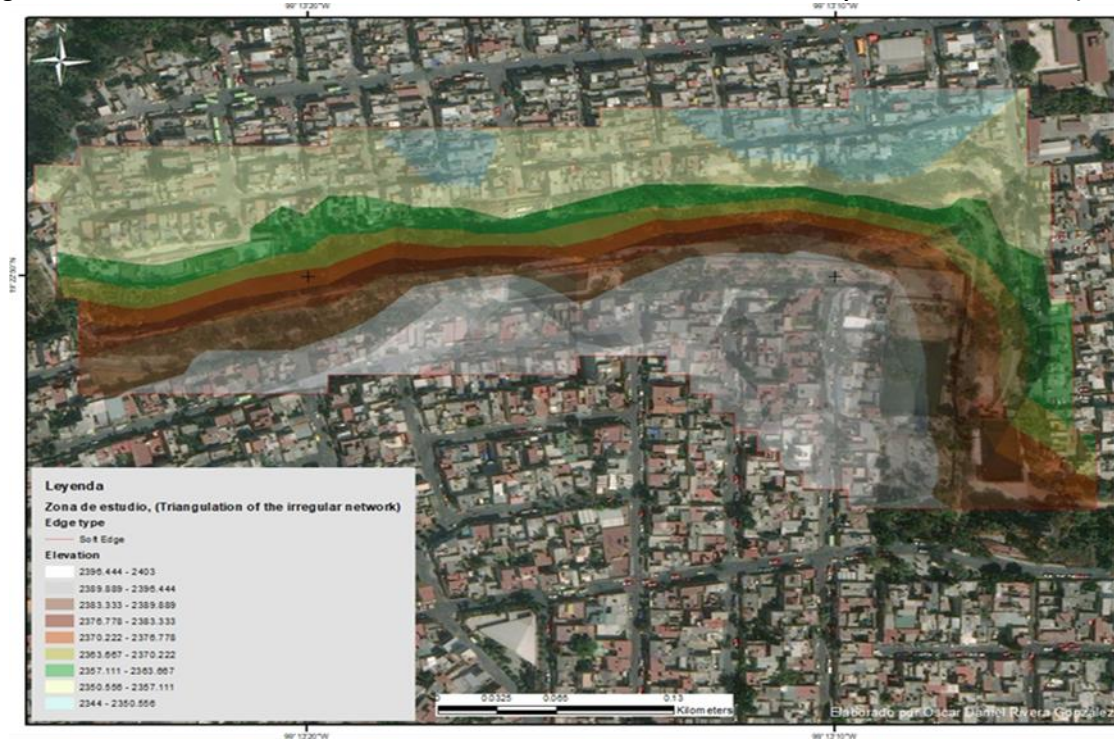
Figura 4. Elaborada con base en Basemap (Imagery).



Elaboración propia con Software ArcGis.

Esta propuesta investigó la falta de una adecuada planeación urbana para la gestión del riesgo con base en la vulnerabilidad y en la amenaza, con la finalidad de prevenirlo y atenderlo de manera eficaz, asimismo se generó como ejemplo, un modelo de predicción, en metodología y técnicas de análisis regional, utilizando a la Geomática puntualmente SIG y modelos matemáticos simples para poder ser utilizados en un futuro por parte de la alcaldía, y que posteriormente, se puedan aplicar a otras regiones de México y el mundo, lo cual permitirá proteger a los habitantes de estas regiones marginadas y olvidadas, cabe mencionar que se permitió una indebida construcción por parte de las inmobiliarias, como de autoconstrucción por parte de la población que en la actualidad es la posible afectada, en zonas susceptibles y vulnerables a procesos de remoción en masa, algunas dadas por las características geográficas y geofísicas antes mencionadas.

Figura 5. Elaborada con base en datos Raster de la National Aeronautics and Space Administration (NASA).



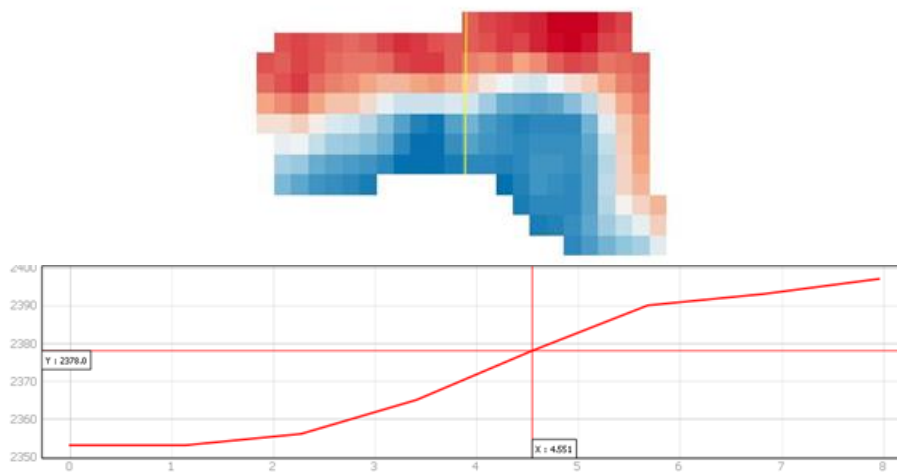
Elaboración propia con Software ArcGis.

### Primera metodología

Se generaron modelos de predicción y/o prevención para evitar deslizamientos de ladera, remoción en masa o mejor conocidos como deslaves, dado por procesos gravitacionales.

El primer modelo consiguió generar una gráfica de perfil de la zona de estudio, con base en una imagen Raster de Sur a Norte, donde se observa una mayor vulnerabilidad geofísica para presentar inestabilidad de laderas, en la siguiente figura se muestra un corte vertical sobre el terreno.

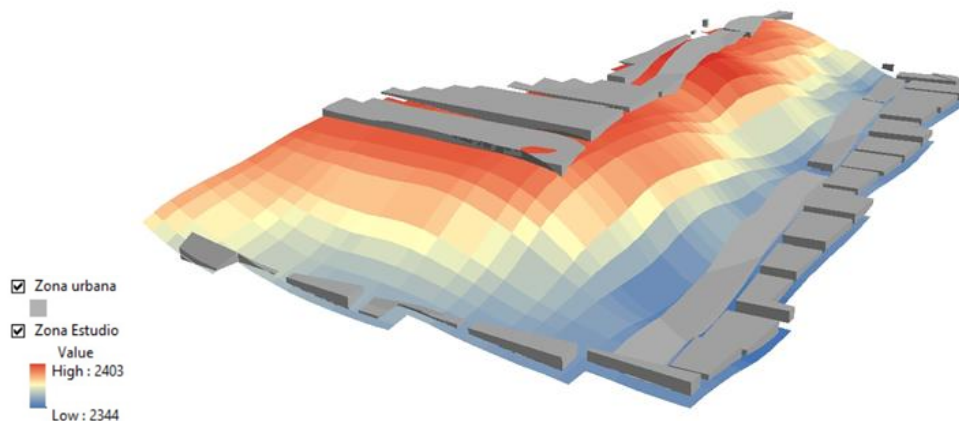
Figura 6. Zona de estudio, modelo digital de elevación (sur a norte) y perfil (izquierda a derecha).



Elaboración propia con Software QGis.

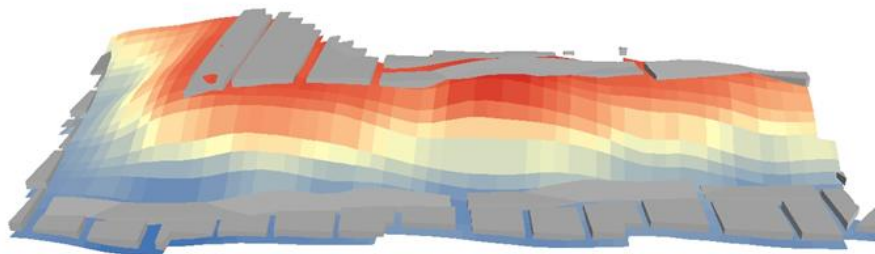
Se generaron dos modelos de elevación visuales, para comprender cuál es la geomorfología del terreno y elevación del mismo y comprender más aun el riesgo en el cual viven sus habitantes, el cual, según su geología, hidrología y edafología, ocasionan procesos de remoción en masa, mismos que afectan a zonas urbanas en la infraestructura de las edificaciones cobrando posibles vidas humanas.

**Figura 7. Zona de estudio, modelo digital de elevación 3d.**



Elaboración propia con Software ArcGis.

**Figura 8. Zona de estudio, modelo digital de elevación 3d.**



Elaboración propia con Software ArcGis.

Para mejor comprensión, la estructura de la generación del modelo fue la siguiente:

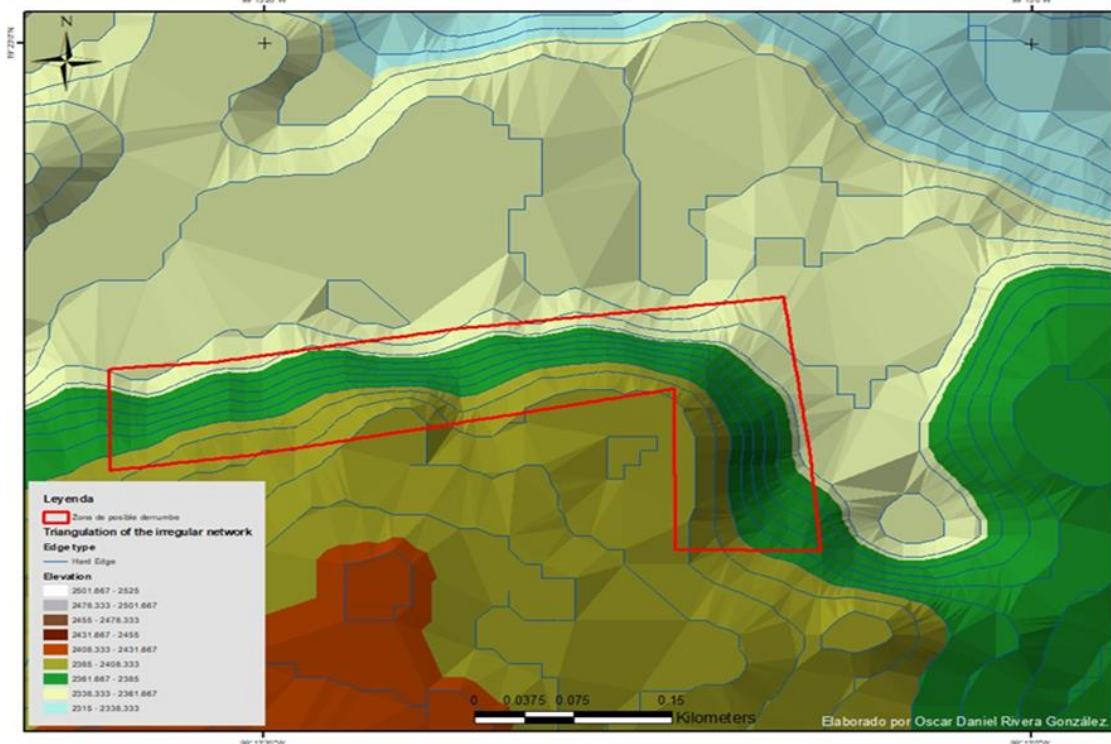
- 1) Se generó una triangulación de red irregular (triangulation of the irregular network, TIN, herramienta Créate TIN From Features), con base en las curvas de nivel obtenidas en el terreno y la zona de estudio (Figuras 9- 11).

Figura 9. Elaborada con base en datos Raster de la National Aeronautics and Space Administration (NASA).



Elaboración propia con Software ArcGis.

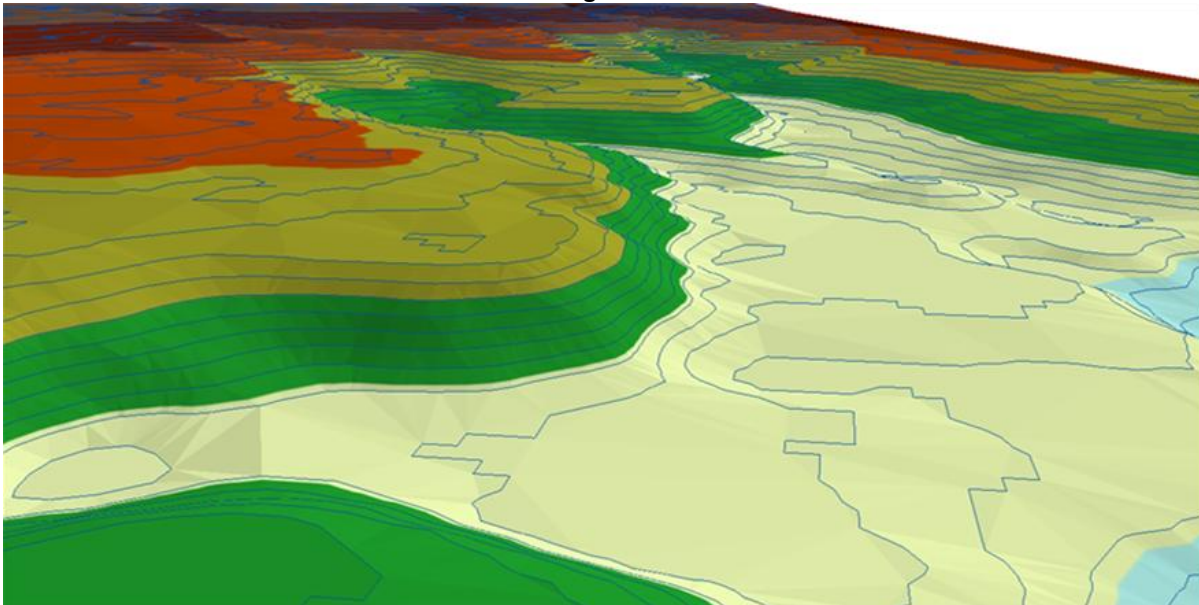
Figura 10. Elaborada con base en datos Raster de la National Aeronautics and Space Administration (NASA).



Elaboración propia con Software ArcGis.



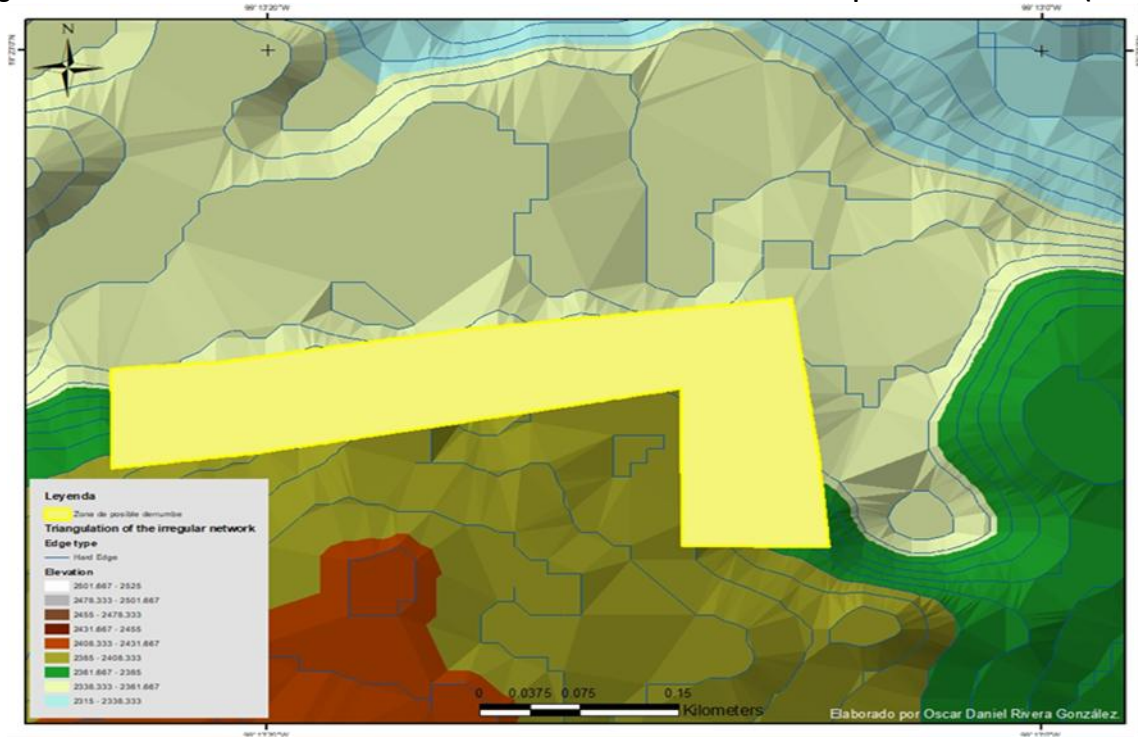
**Figura 11.** Elaborada con base en datos Raster de la National Aeronautics and Space Administration (NASA), imagen 3d.



Elaboración propia con Software ArcGis.

- 2) Seguidamente se interpoló el shape o capa de la posible zona de derrumbe, con la triangulación de red irregular, utilizando la herramienta Interpolate Shape (Figura 12).

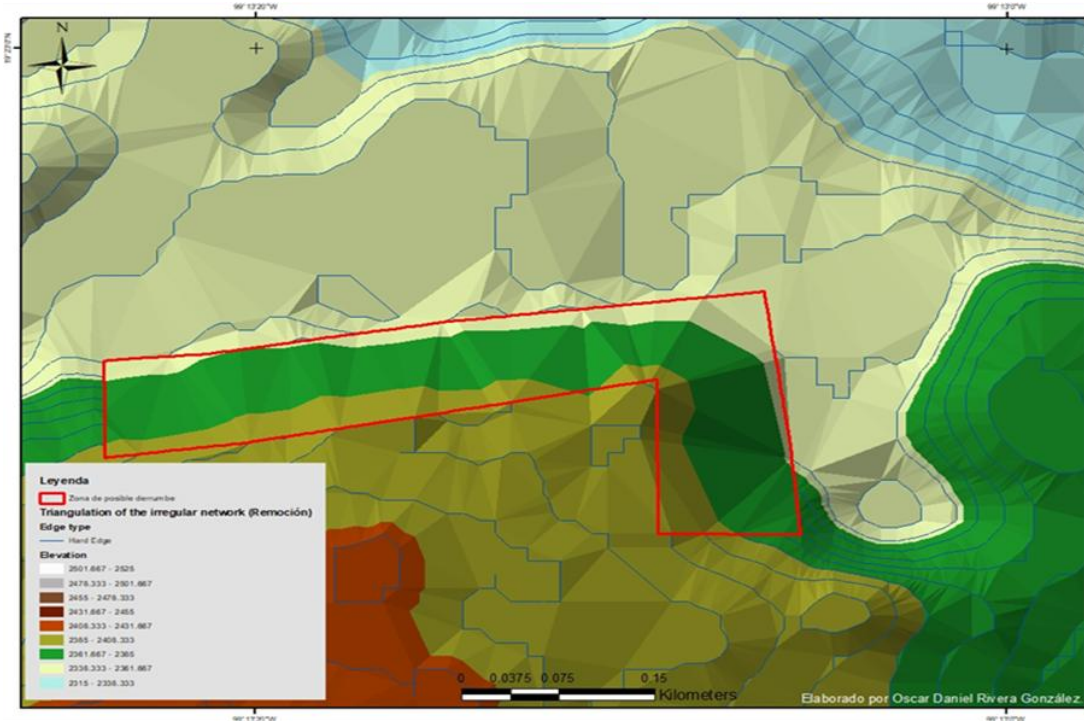
**Figura 12.** Elaborada con base en datos Raster de la National Aeronautics and Space Administration (NASA).



Elaboración propia con Software ArcGis.

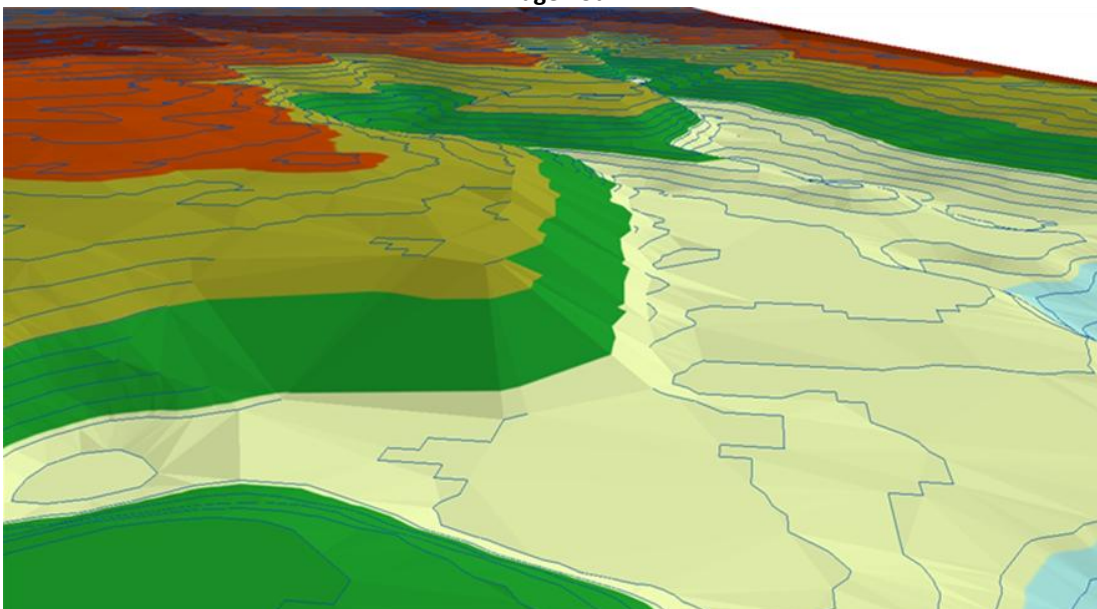
- 3) Interpolada la zona de estudio, se generó una nueva triangulación de red irregular, utilizando la herramienta Create TIN From Features, área que hipotéticamente se removió o existió una posible remoción (observar el cambio de la geomorfología de la zona de estudio, figura 10 y 11 contrastarla con figura 13 y 14).

Figura 13. Elaborada con base en datos Raster de la National Aeronautics and Space Administration (NASA).



Elaboración propia con Software ArcGis.

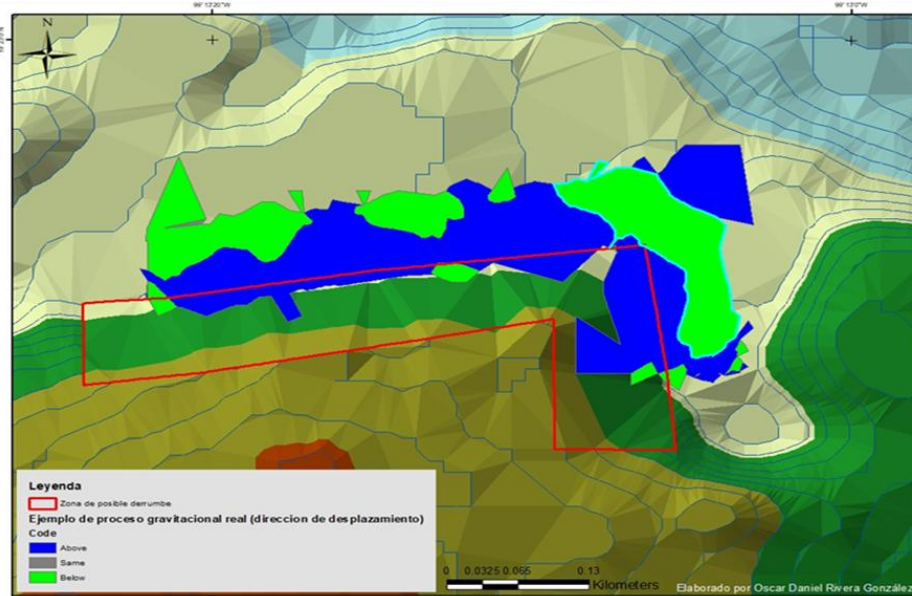
Figura 14. Elaborada con base en datos Raster de la National Aeronautics and Space Administration (NASA), imagen 3d.



Elaboración propia con Software ArcGis.

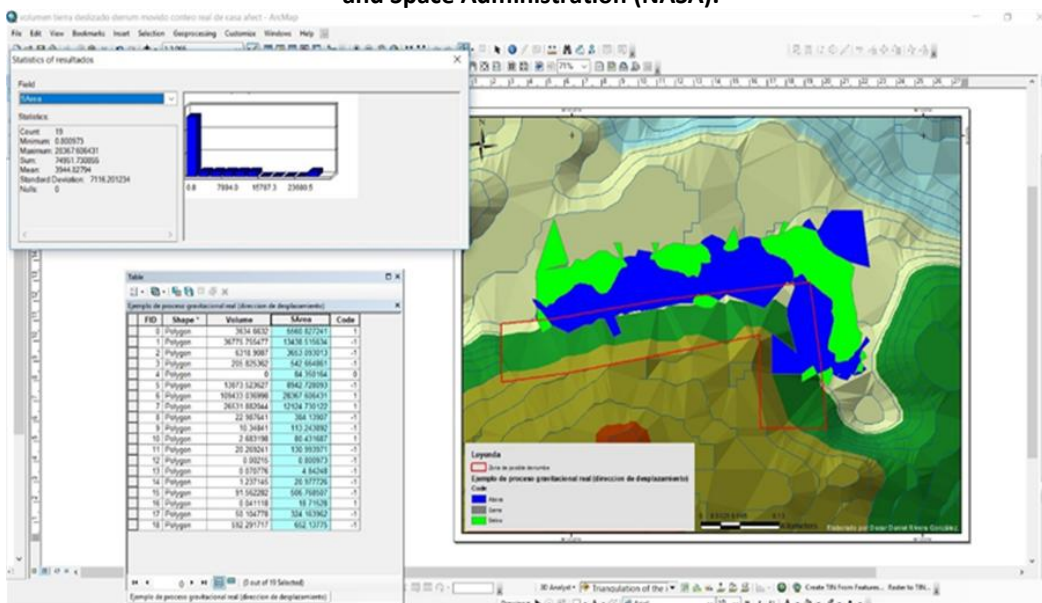
- 4) Seguidamente se obtuvo la diferencia de superficie, al restar el total de la nueva Triangulación de red irregular, utilizando las herramientas Erase y Surface Difference (en la cual existe remoción en masa o proceso gravitacional) a la anterior Triangulación de red irregular (la que no tiene remoción en masa o proceso gravitacional), resultando el área total de afectación en  $m^2$  que se removió, la cual es un área aproximada de  $74951.73 m^2$  (Figura 15 y 16) y el posible lugar donde caerán los  $m^3$  de tierra con base en la geomorfología y topografía de la zona estudiada, interpretación del investigador con base en visitas a campo, la cual es un volumen de  $197565.19 m^3$  (Figura 17 y 18).

Figura 15. Elaborada con base en datos Raster de la National Aeronautics and Space Administration (NASA).



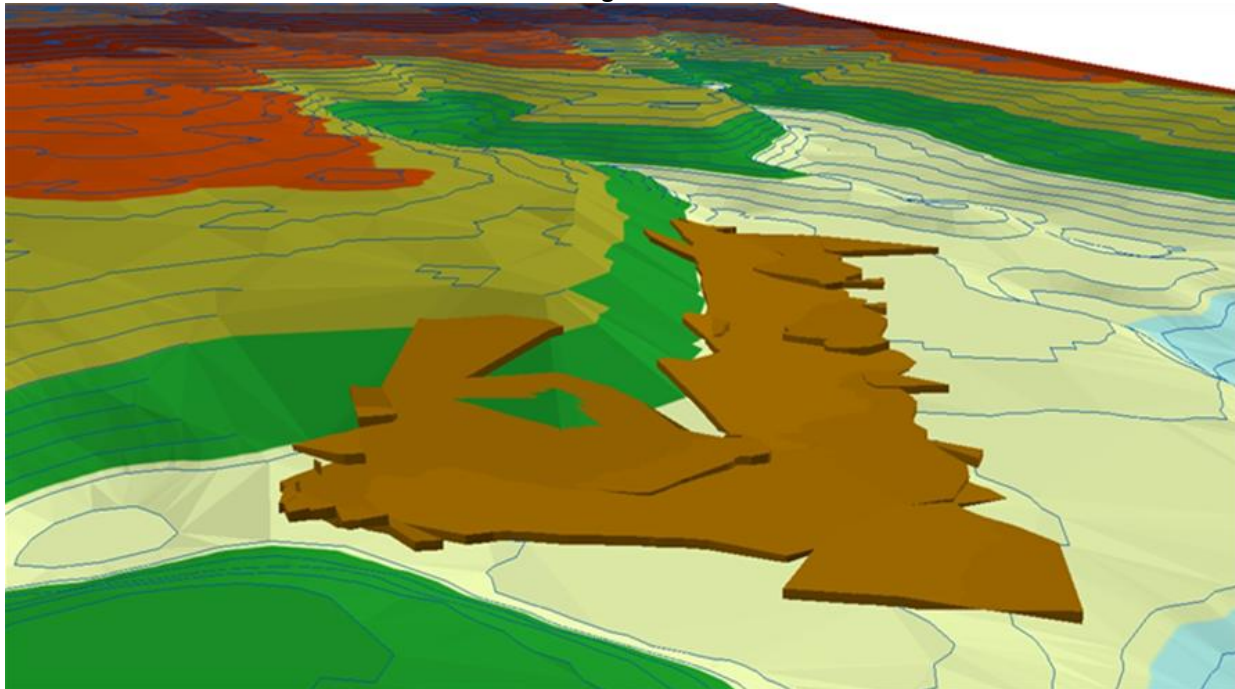
Elaboración propia con Software ArcGis.

Figura 16. Impresión de pantalla, software Arcgis, elaborada con base en datos Raster de la National Aeronautics and Space Administration (NASA).



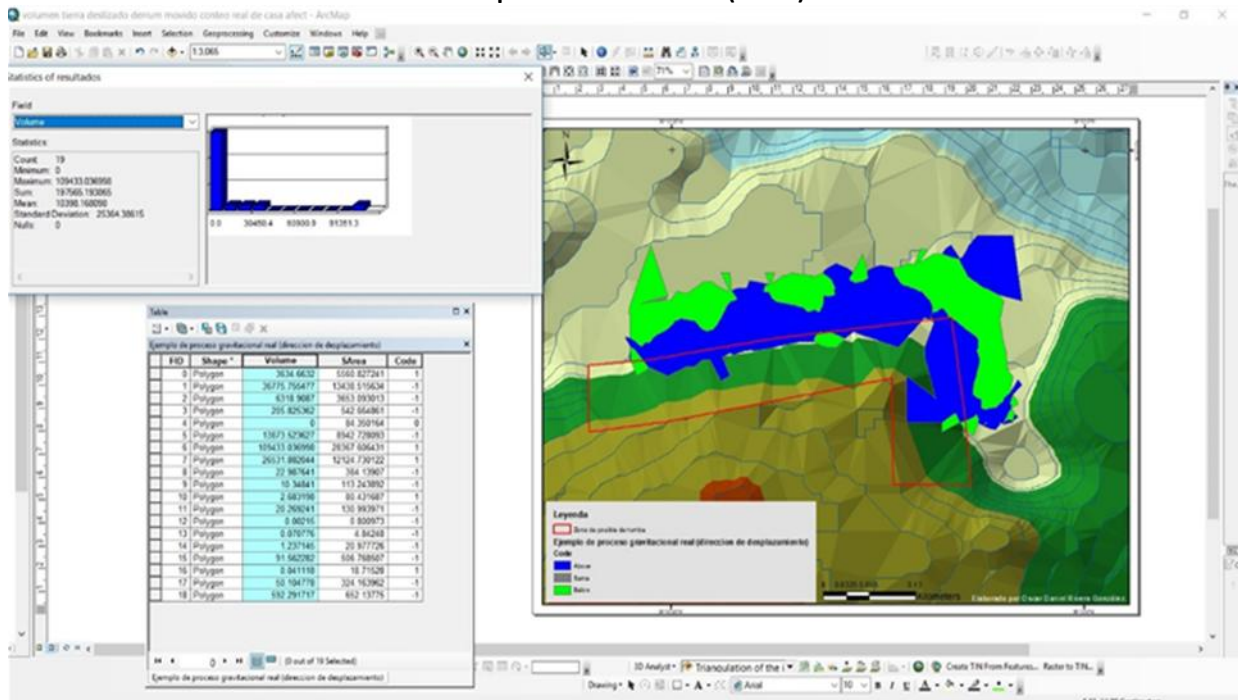
Elaboración propia con Software ArcGis.

Figura 17. Elaborada con base en datos Raster de la National Aeronautics and Space Administration (NASA), imagen 3d.



Elaboración propia con Software ArcGis.

Figura 18. Impresión de pantalla, software Arcgis, elaborada con base en datos Raster de la National Aeronautics and Space Administration (NASA).



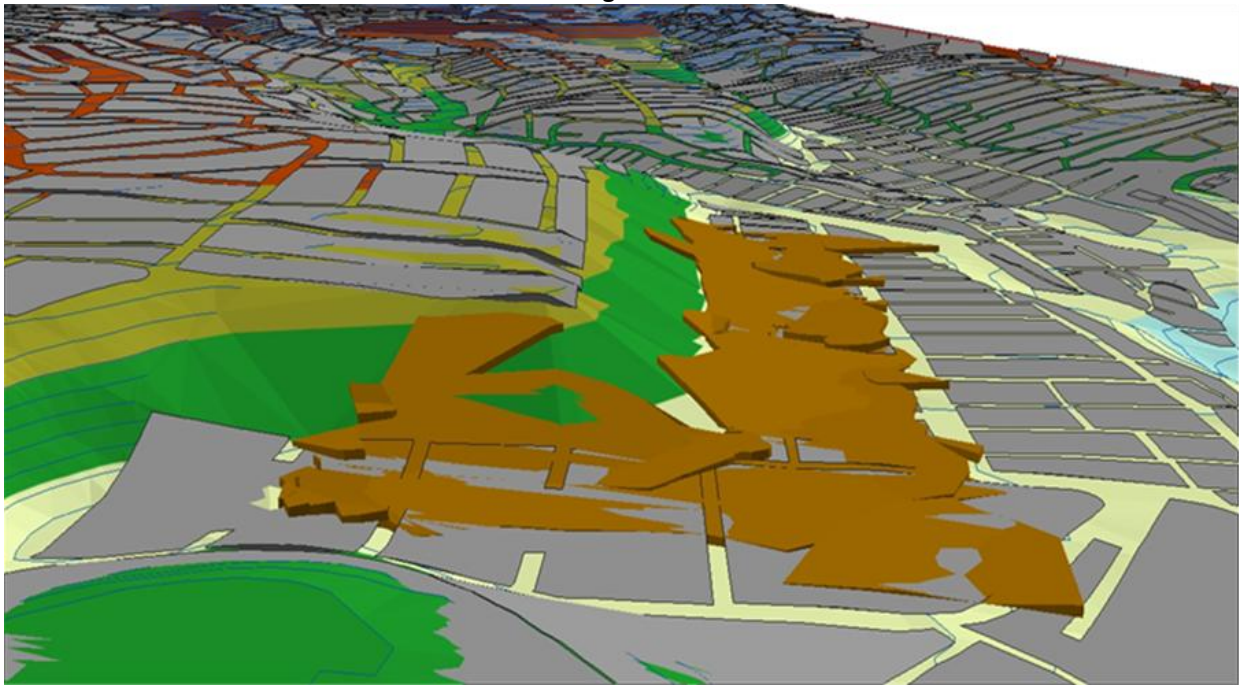
Elaboración propia con Software ArcGis.

### Resultados perspectiva urbana

Con base en el resultado del modelo predictivo y/o preventivo, así como la visita a la zona de estudio, se obtuvieron los siguientes resultados, precisando que existe un error aproximado de 9 a 12 metros en la latitud, longitud o altitud:

- 1) Área inicial zona de estudio sin afectaciones: 57049.50 m<sup>2</sup> (Figura 10).
- 2) Área final de afectación (la cual se extendió aún más, por la geomorfología y topografía del lugar, interpretación del investigador con base en visitas a campo): 74951.73 m<sup>2</sup> (Figura 15 y 16).
- 3) Volumen total de afectación de deslizamiento: 197565.19 m<sup>3</sup> (Figura 17 y 18).
- 4) Se verían afectadas: 17 manzanas/cuadras = 136 casas/construcciones/hogares afectados (Figura 19).

**Figura 19.** Elaborada con base en datos Raster de la National Aeronautics and Space Administration (NASA), imagen 3d.



Elaboración propia con Software ArcGis.

### Conclusiones

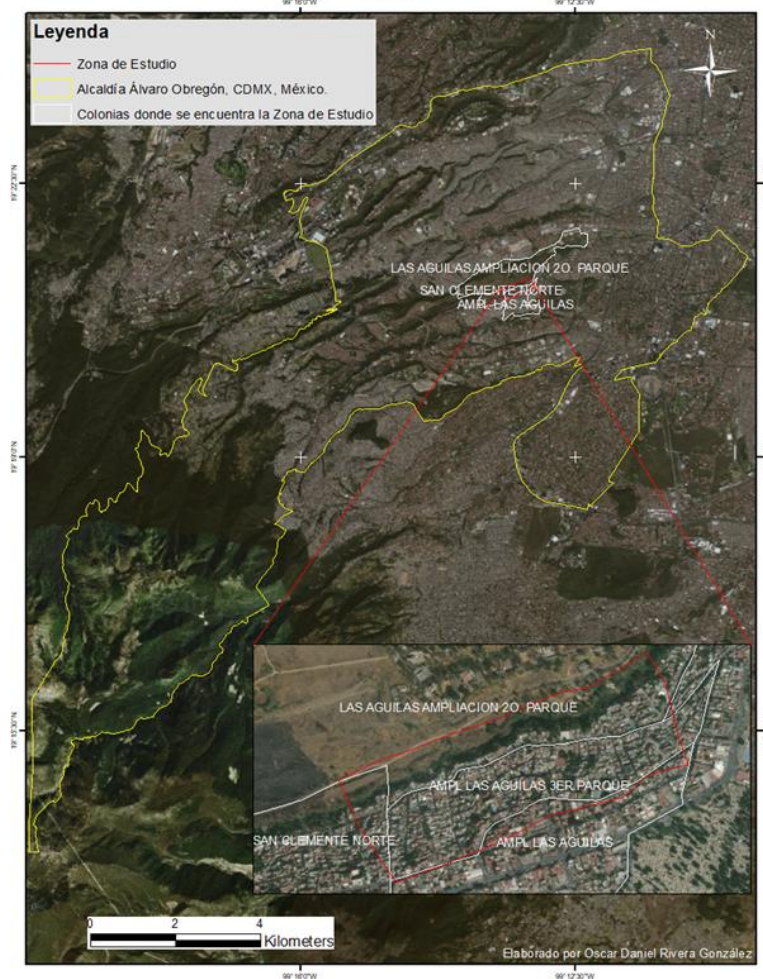
La aplicabilidad real de la metodología y técnicas de análisis regional urbano, utilizando a la Geomática o a los SIG, puntualmente softwares Arcgis, Qgis o GvSig en modelos de predicción y/o prevención ante procesos gravitacionales en zonas de laderas, comúnmente llamados deslaves, con base en procedimientos cuantificados como se realizaron a lo largo de la anterior propuesta y metodología, debe crearse una política pública para coordinarse con la población la Alcaldía, el Estado o el País Mexicano, esto para disminuir la vulnerabilidad de esta problemática geomorfológica urbana, inclusive se puede presentar en cualquier parte de México y el mundo, donde se presentan características, geográficas, geológicas, geomorfológicas, edafológicas, hidrográficas, similares a la zona estudiada.

La concientización a la población del peligro con el cual viven sus familias a diario es algo fundamental, ya que, con base en entrevistas formales e informales, la población se encuentra incrédula ante la visita de autoridades de la Alcaldía y de la Ciudad de México, así como con los investigadores y estudiantes de cualquier escuela o universidad, lo que, desde mi perspectiva, solo genera desconocimiento del tema y nula coordinación entre los pobladores, autoridades y la academia.

### Segunda metodología (actualmente en desarrollo), contrastarla con la anterior

La precisión de la tolerancia de error podrá mejorar, realizando fotogrametría a partir de Drones procesadas con softwares Pix4d y Agisoft Photoscan en lugar de la descarga de los archivos Raster, a continuación se muestra un proyecto que en la actualidad un servidor está trabajando en las colonias: Las Águilas Ampliación 2 Parque, Las Águilas Ampliación 3 Parque, San Clemente Norte y Ampliación Las Águilas, una región muy cercana a la zona anteriormente dentro de la misma Alcaldía Álvaro Obregón, estudiada con la metodología anterior, todo esto para tener una precisión mejorada, puntualizando que aún no se utilizan puntos de control directamente en campo, ya que en el área de estudio es complicado realizar las marcas de control por la inseguridad y agresión constante por parte de los vecinos, mismos que se encuentran incrédulos con cualquier persona ajena a los familiares, amigos, vecinos y población habitante como lo mencione anteriormente, los nuevos modelos digitales de elevación (Figuras 20-24).

Figura 20. Elaborada con base en Basemap (Imagery).

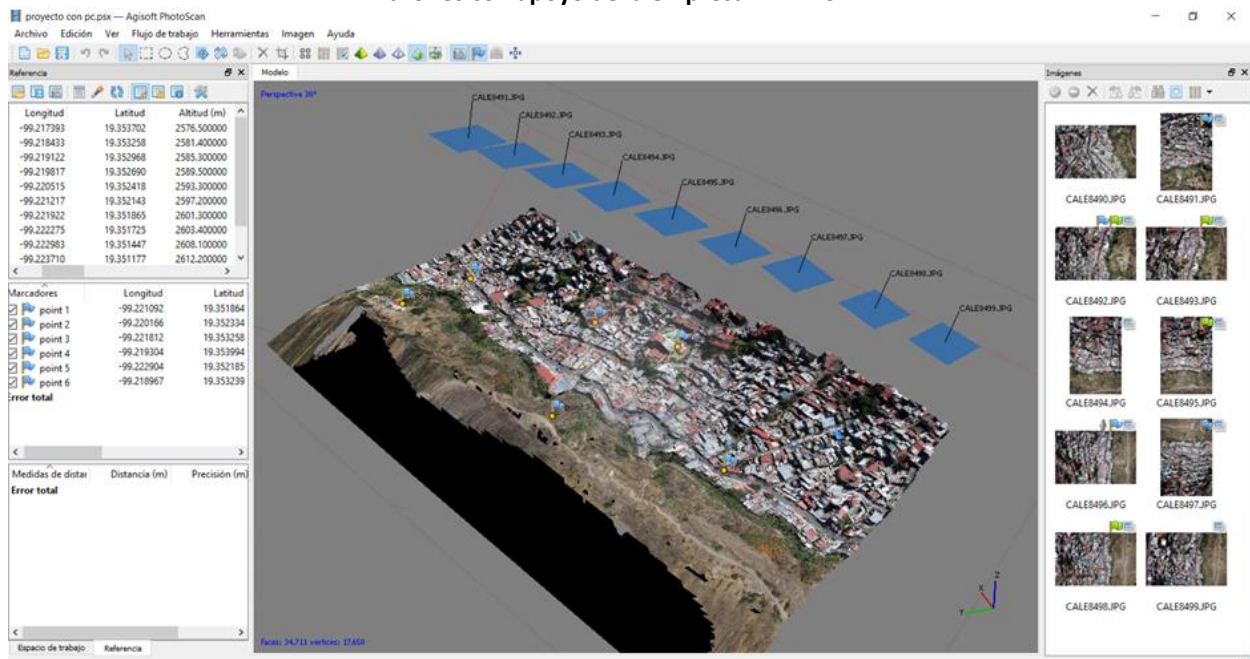


Elaboración propia con Software ArcGis.

Tendrán un error máximo de 5 a 6 metros en la longitud, latitud o altitud, así mismo es importante recalcar que la precisión de las tres variantes mencionadas anteriormente, está relacionada directamente a la precisión de la cámara, el tipo de dron utilizado, el movimiento del dron al momento de tomar la fotografía, el horario del día y si existe precipitación o viento en el momento del vuelo, el dron fue volado a una altura de 80 a 100 metros, trabajando actualmente con la misma metodología mostrada anteriormente pero con mayor precisión, utilizando la geomática como herramienta indispensable con el software Arcgis y Qgis, misma que se encuentra en vías de generar un modelo mejorado en cercanía de prevención y/o predicción, y que en un futuro se obtendrán nuevos resultados minimizando el error y proponerlo a la Alcaldía.

La figura 21 muestra la fotogrametría tomada con vehículos aéreos no tripulados mejor conocidos como drones, el vuelo fue realizado por la empresa TERRASAT, por otra parte un servidor se encuentra realizando la modelación en el software Agisoft PhotoScan, el cual muestra que se tomaron 10 fotografías para generar la imagen Raster con error máximo de 6 metros aproximadamente en la latitud, longitud o altitud, primeramente se necesitará generar una Nube de puntos, posteriormente una Nube de puntos densa, seguidamente de una malla de color, complementada de una malla sombreada y terminando con una malla de textura, metodología que actualmente se encuentra en elaboración.

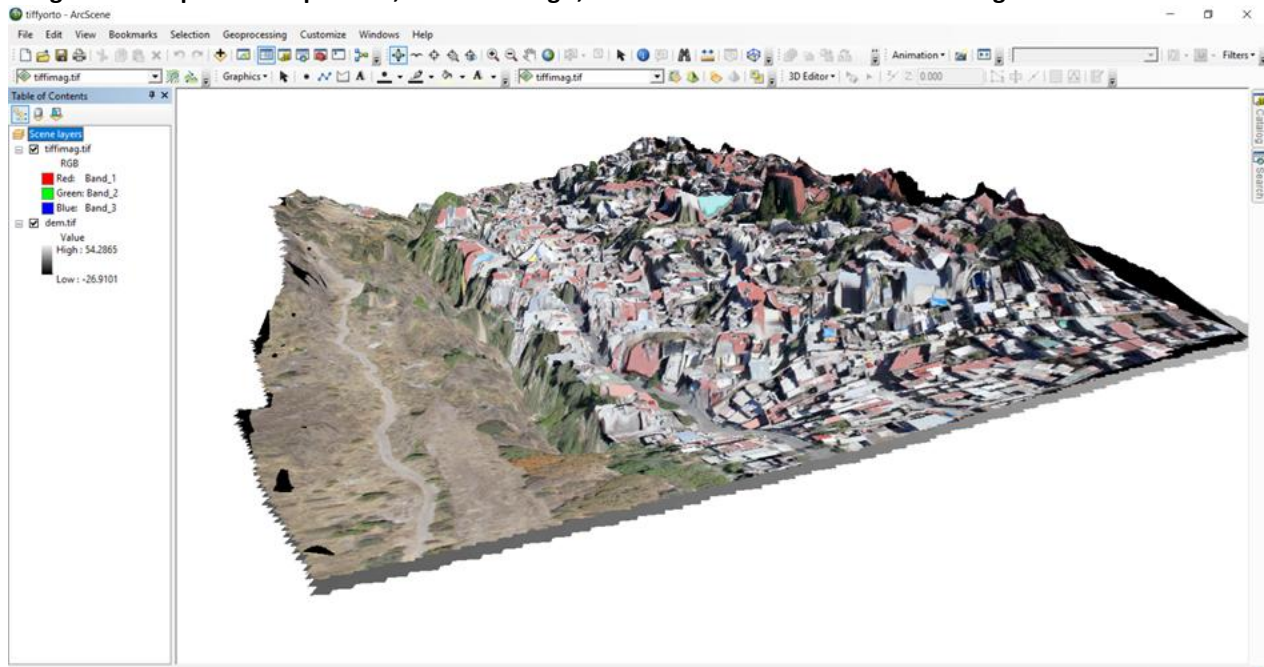
**Figura 21. Impresión de pantalla, software Agisoft PhotoScan, elaborada con base en datos de fotogrametría con drones con apoyo de la empresa TERRASAT.**



Elaboración propia con Software Agisoft PhotoScan.

La figura 22, muestra el posible modelado Raster y manipulación en el SIG ArcGis, sin embargo, aún se encuentra en elaboración.

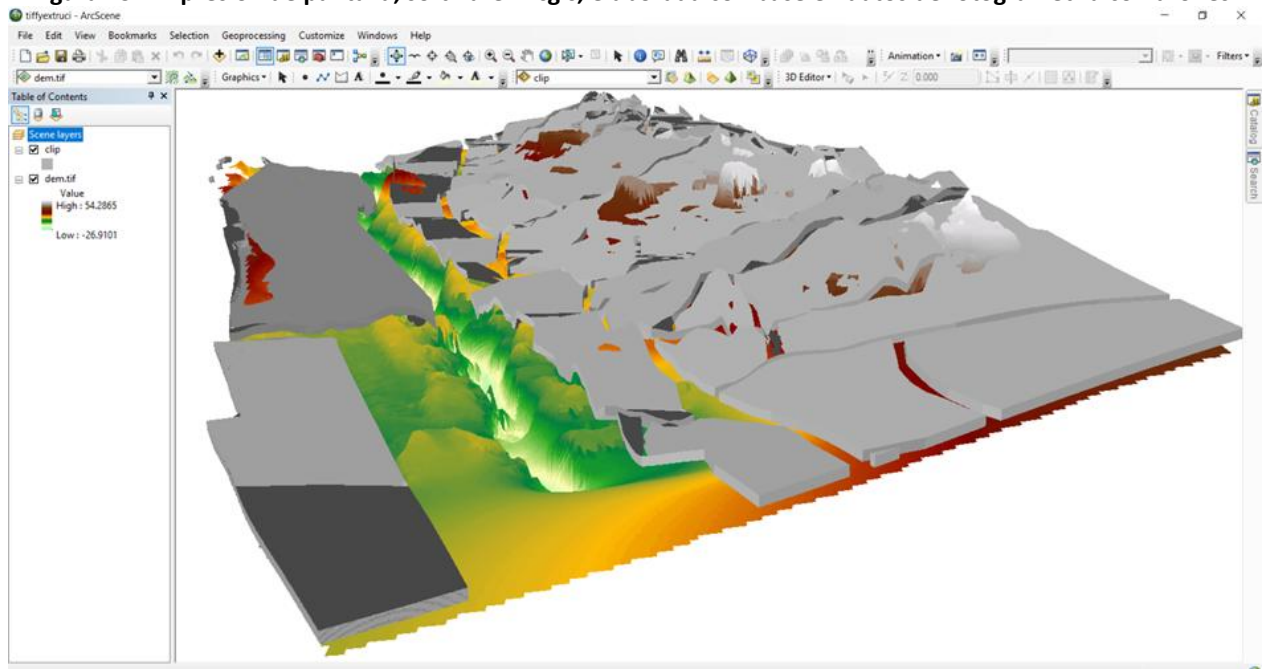
**Figura 22. Impresión de pantalla, software Arcgis, elaborada con base en datos de fotogrametría con drones.**



Elaboración propia con Software ArcGis.

La figura 23 muestra el posible Raster resultante junto con el shape o capa urbana, realizándole una extrusión a la misma y generando el modelo 3d para su mejor entendimiento visual.

**Figura 23. Impresión de pantalla, software Arcgis, elaborada con base en datos de fotogrametría con drones.**

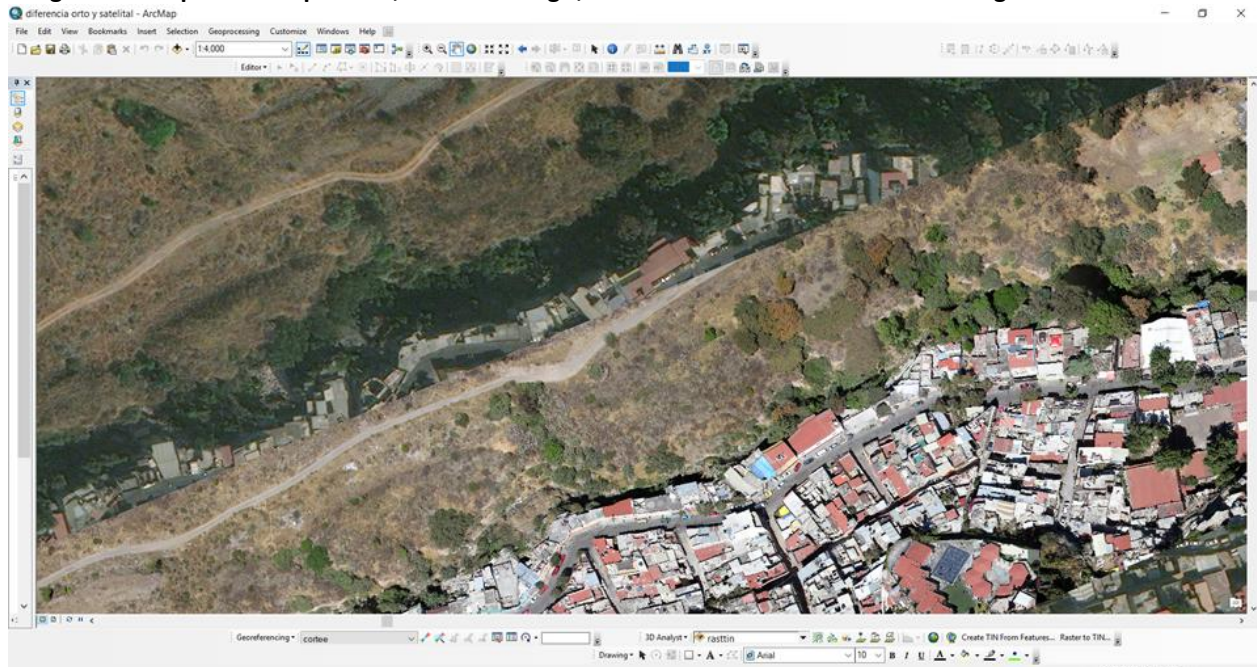


Elaboración propia con Software ArcGis.



Por último, la figura 24, muestra la diferencia de nitidez y precisión entre las imágenes satelitales obtenidas de la NASA y una fotografía obtenida de la fotogrametría a partir de drones, esto permitirá un mejor manejo de la información y toma de decisiones con base en la estructura urbana, realizando ortomosaicos e imágenes Raster en 3D.

**Figura 24. Impresión de pantalla, software Arcgis, elaborada con base en datos de fotogrametría con drones.**



**Elaboración propia con Software ArcGis.**

## REFERENCIAS

**Alcántara, I.**, (2016) Investigación Forense de desastres: un marco conceptual y guía para la investigación, México, Editorial Instituto de Geografía UNAM, 38.

**Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)**, Consultado enero 18, 2019, desde <<http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/relieve/continental>>.

**Ley General de Asentamientos Humanos**, "Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de julio de 1993", Texto vigente, última reforma publicada DOF 30-11-2010, México, 1993, Medio electrónico, Consultado Agosto 12, 2018, desde <[http://www.senado.gob.mx/comisiones/desarrollo\\_social/docs/marco/Ley\\_GAH.pdf](http://www.senado.gob.mx/comisiones/desarrollo_social/docs/marco/Ley_GAH.pdf)>.

**National Aeronautics and Space Administration (NASA)**, Medio electrónico, Consultado Enero 18, 2019, desde <<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>>.