



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE**

“Modelamiento del tránsito de lahares por eventual erupción del volcán Cotopaxi en el área comprendida entre las calles Yaguachi, Av. General Enríquez, Av. San Luis y Bulevar Sangolquí mediante técnicas de información geoespacial.”

AUTOR:

PILATAXI MEDINA, DANIEL ANDRÉS

DIRECTOR DEL PROYECTO:

ING. PADILLA ALMEIDA, OSWALDO VINICIO, PhD.

DOCENTE EVALUADOR:

ING. SALAZAR, RODOLFO, PhD.

DIRECTOR DE CARRERA:

ING. ROBAYO NIETO, ALEXANDER, MSc.

SECRETARÍA ACADÉMICA:

ABG: CALAHORRANO, CARLOS

SANGOLQUÍ, DICIEMBRE 2023





CONTENIDO

- Planteamiento del problema
- Justificación e importancia
- Objetivos
- Área de estudio
- Fundamentos teóricos
- Metodología
- Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones

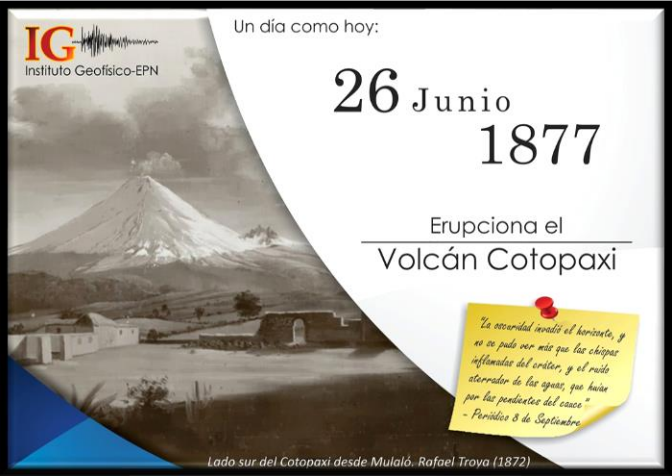


PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

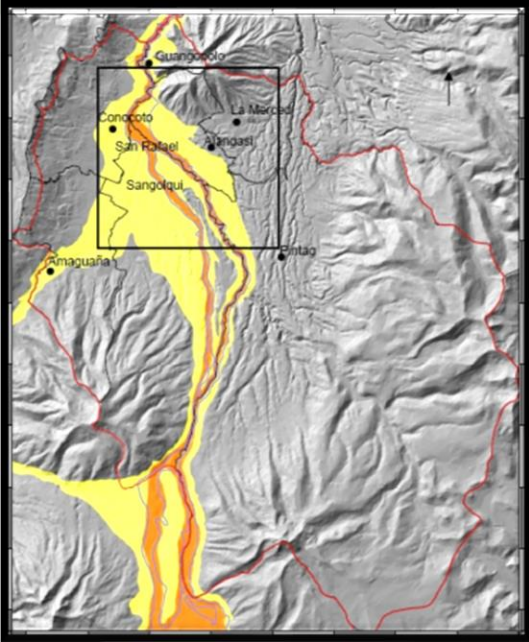
Erupción Cotopaxi
Lahares circularon por los ríos Pita y Santa Clara
Centros poblados



Estudios información cartográfica existente en ese tiempo

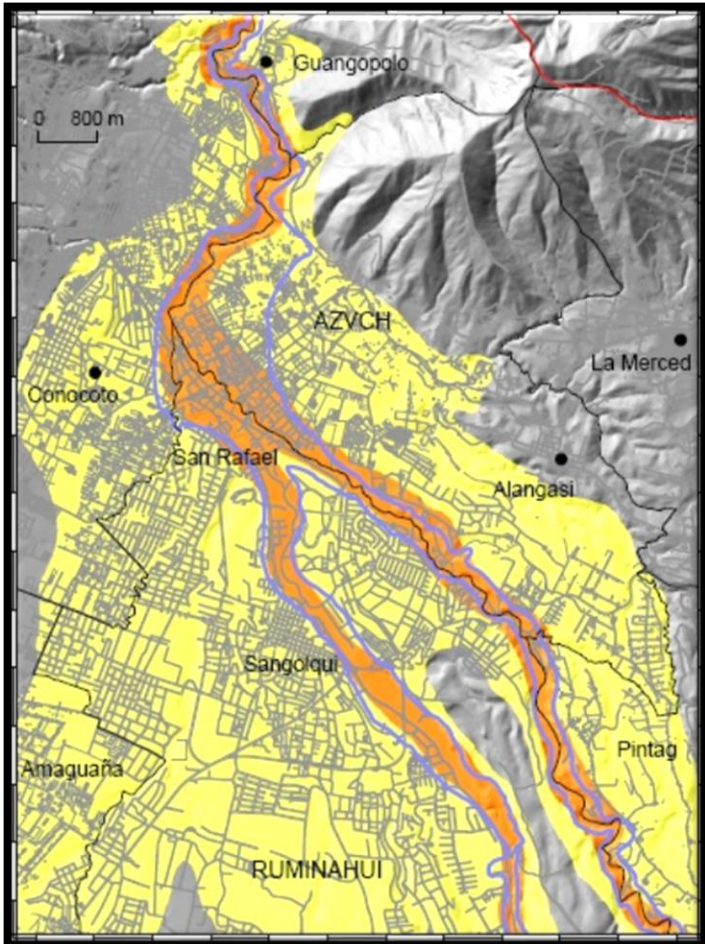


Aplicación de tecnologías geoespaciales
Simulación Modelo Lahar en RV y RA.



Antigua cartografía (1989)

- Riesgo menor
- Riesgo mayor (referencia de 1877)



JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

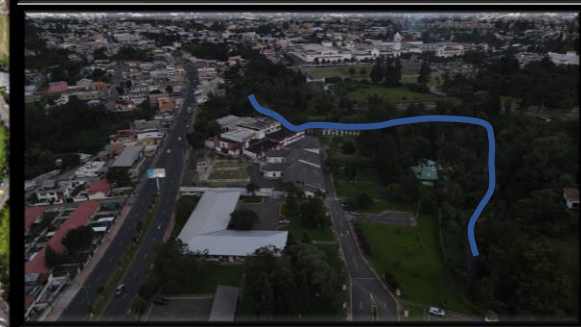
Presencia de infraestructura ubicados cerca al río Santa Clara

Modelo actual de recorrido de lahar permitirá conocer nuevos escenarios potenciales de inundaciones

Alineado al ODS (2015-2030). Objetivo 11. Ciudades y comunidades sostenibles.

Plan Nacional de Desarrollo 2021-2025: Eje Seguridad Integral. Objetivo 9.

La representación en RV y RA podría convertir en una herramienta para Planes de Contingencia y PDOT del sector.



11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES



PLAN DE CREACIÓN DE OPORTUNIDADES 2021-2025

Es la hoja de ruta que guiará el accionar del país durante los próximos cuatro años. Se estructura en 5 ejes, 16 objetivos, 56 políticas y 130 metas.



Económico



Social



Seguridad Integral



Transición Ecológica



Institucional



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVOS

Objetivo General

Modelar el tránsito de lahares ante una eventual erupción del volcán Cotopaxi en el área comprendida entre las calles Yaguachi, Av. General Enriquez, Av. San Luis y Bulevar Sangolquí, mediante técnicas geoespaciales y de realidad aumentada para contribución al módulo de amenazas y riesgos Geonode ESPE



OBJETIVOS

Objetivos Específicos

Recopilar y sistematizar información catastros y shape de recorrido de lahar existente relativa al tema.

Realizar el ajuste fotogramétrico con la finalidad de obtener sus productos deseados (Modelos Digital de alturas y un ortomosaico).

Modelar el tránsito de lahares del volcán Cotopaxi utilizando software hidrológico en función de información recopilada y obtenida.

Analizar el modelo desarrollado y contrastar con el modelo de recorridos de lahares previamente realizado por Padilla & Bosque mediante un proceso comparativo a fin de obtener visualmente los diferentes escenarios.

Generar un escenario en el área indicada de influencia de lahares del volcán Cotopaxi a fin de obtener un modelo digital en realidad aumentada actualizado a la fecha.

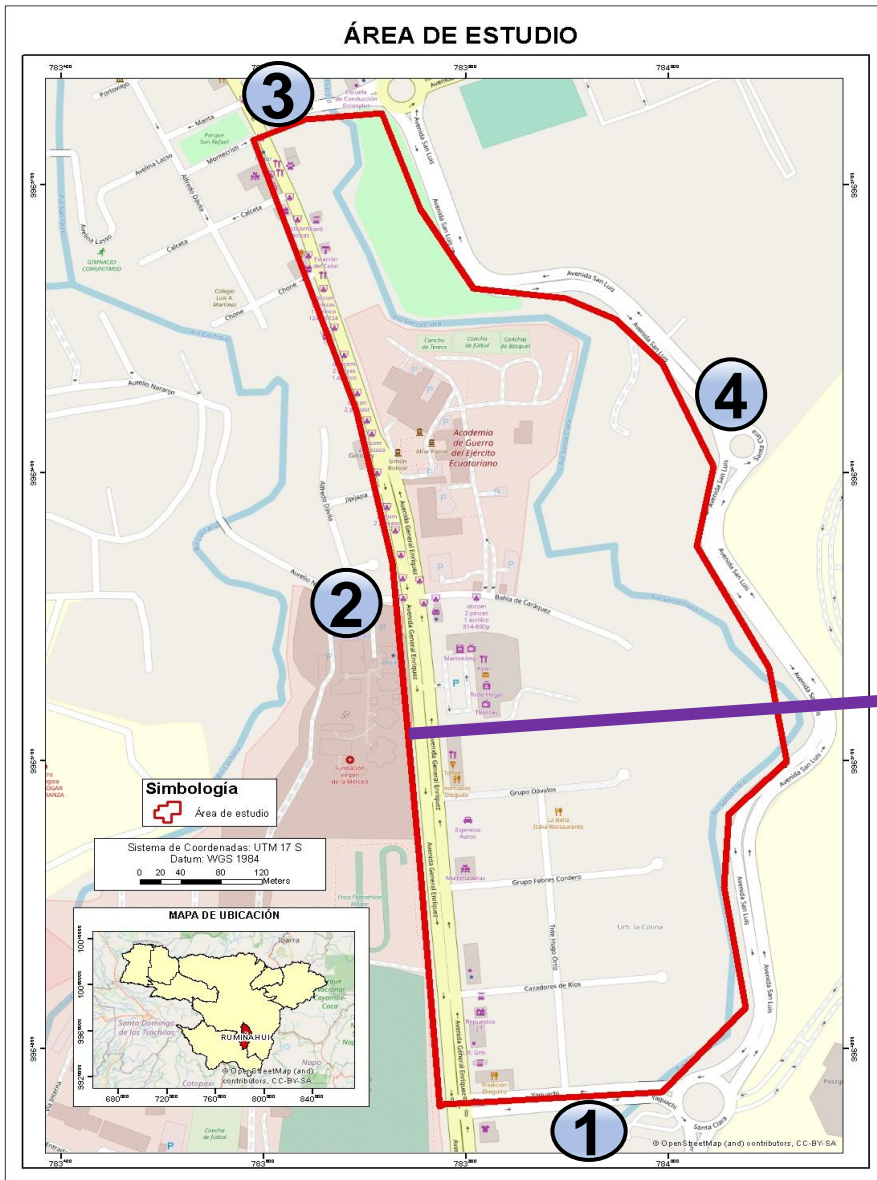


ÁREA DE ESTUDIO



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ÁREA DE ESTUDIO



4 Bulevar Sangolquí



FUNDAMENTOS TEÓRICOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

FUNDAMENTOS TEÓRICOS



Gestión de Riesgos

Eventos Naturales

Geológicos (terremotos, deslizamientos, inundaciones, colapsos, vulcanismo, incendios forestales, desertificación, entre otros)
Hidroclimáticos (Tormentas tropicales, los huracanes, tormentas de nieve, tornados, sequía, etc.)

Intensidad

Tiempo

Costos

Prevención

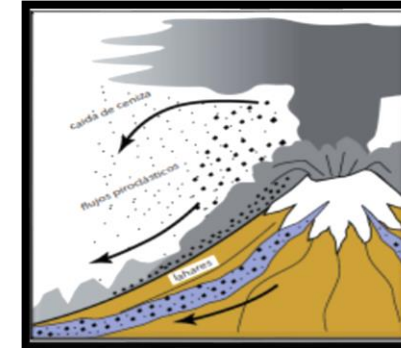
Riesgo

Mitigación



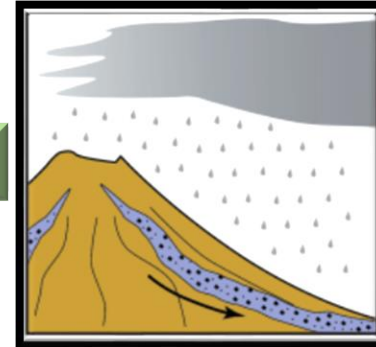
Riesgos (volcánicos)

Lahar



Primario

Secundario



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

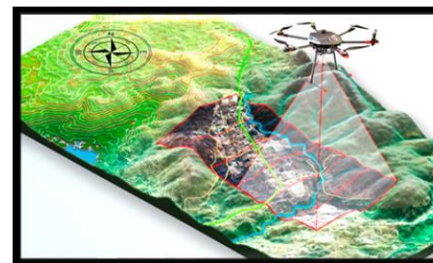
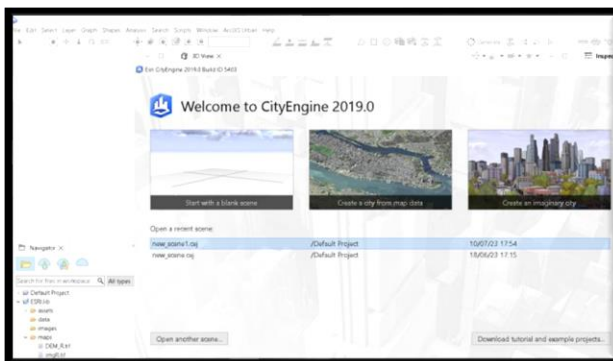
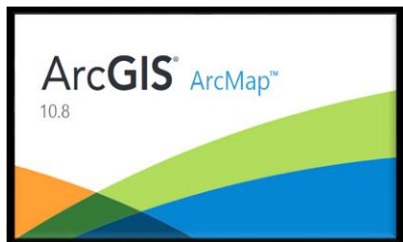


Tecnologías de Información Geoespacial

GIS

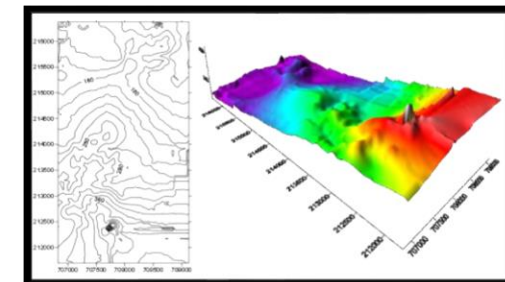
ArcMap

CityEngine

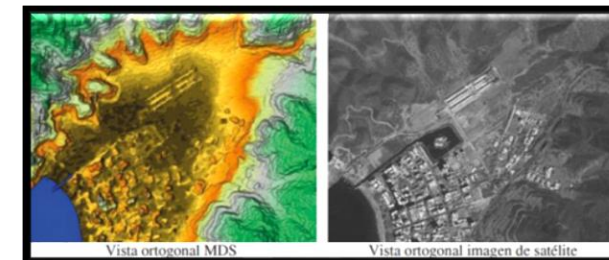


Fotogrametría

MDT



MDS



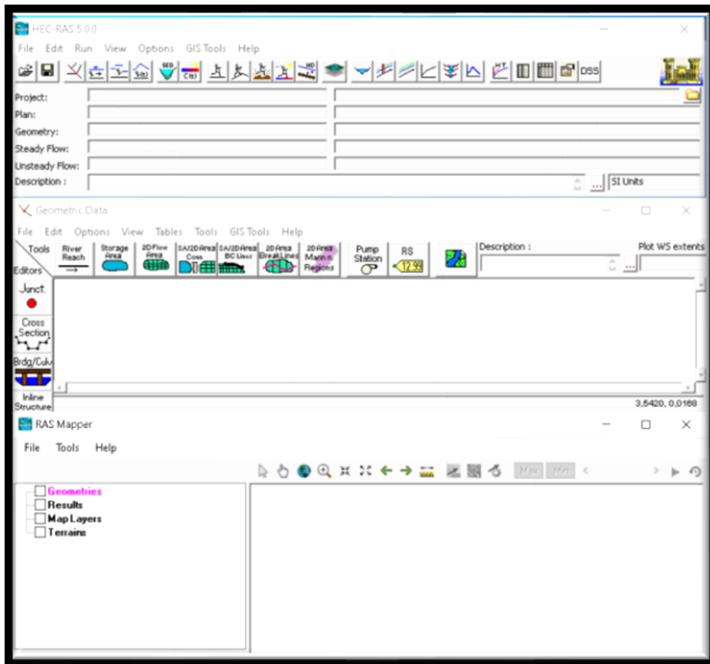
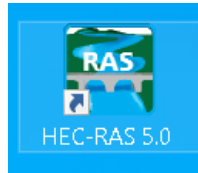
Ortomosaico



FUNDAMENTOS TEÓRICOS

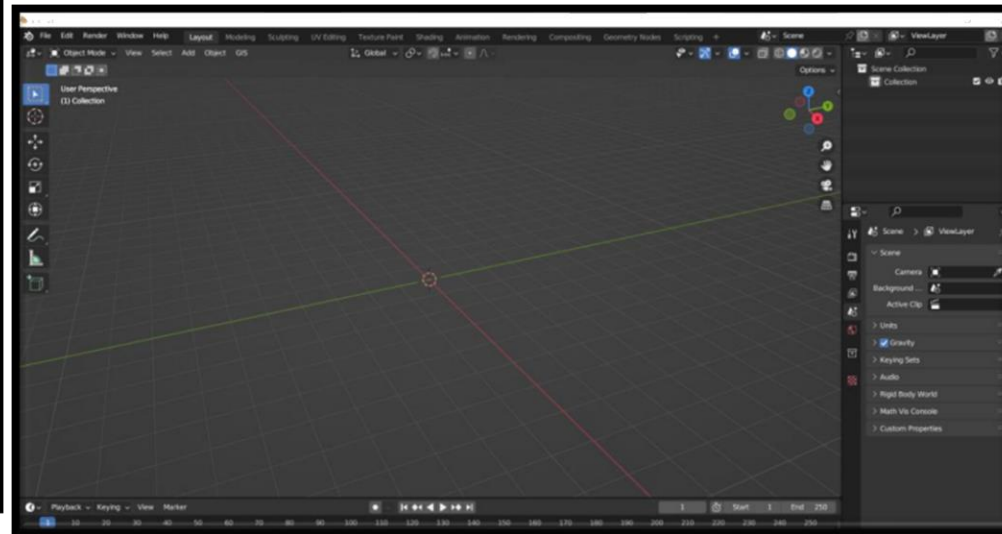
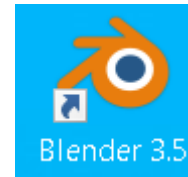
Modelamiento Hidrológico

HecRAS



Modelamiento Escenario

Realidad Virtual



Realidad Aumentada

Unity

Vuforia



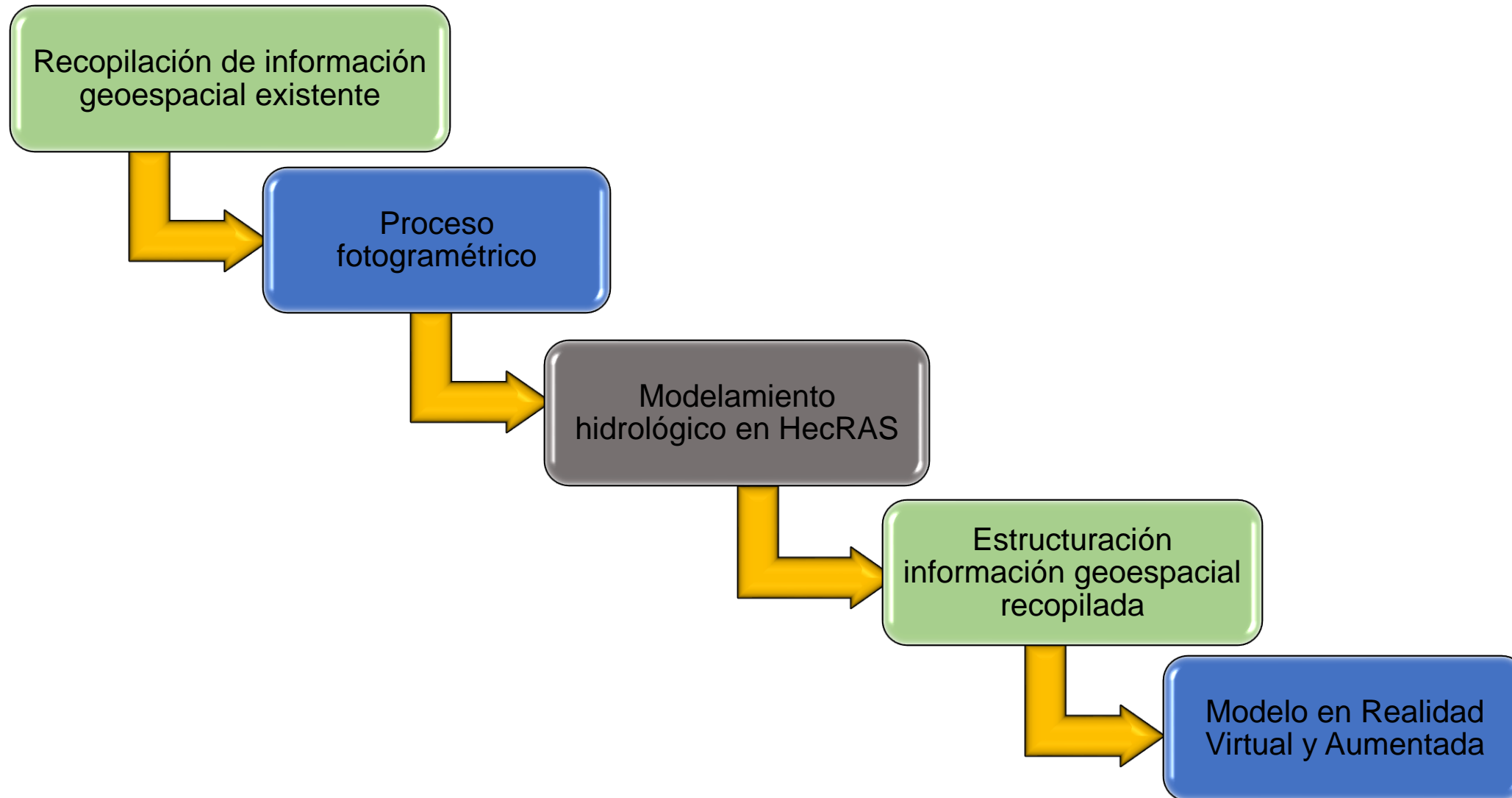
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

METODOLOGÍA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

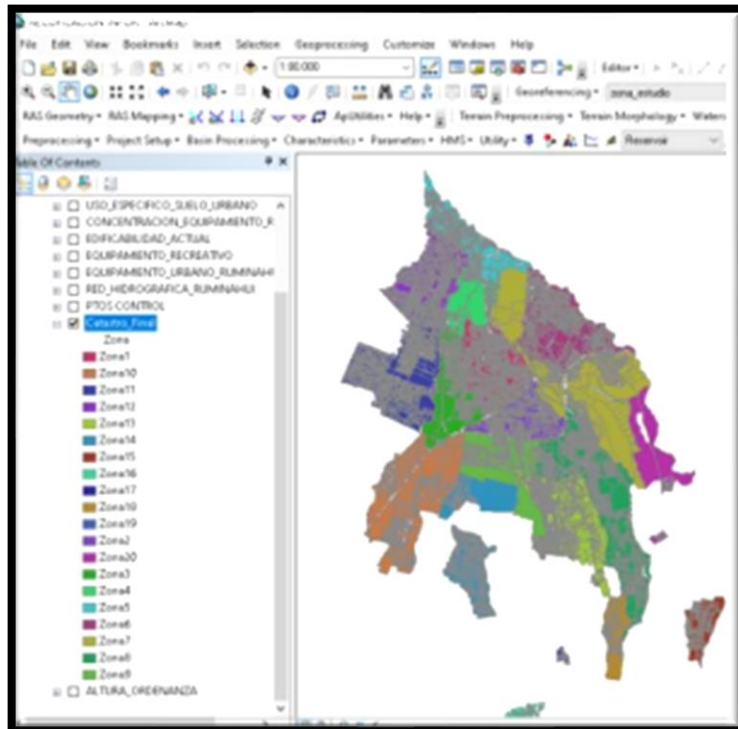
METODOLOGÍA



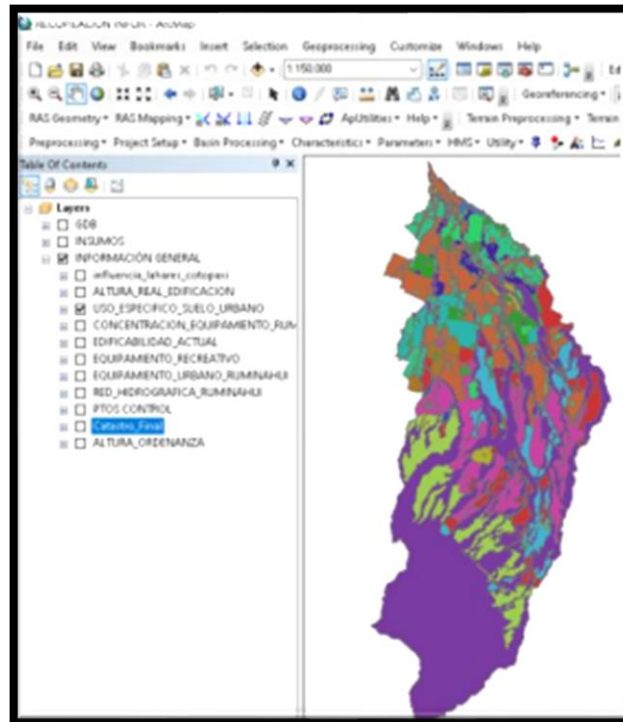
METODOLOGÍA

Recopilación información geoespacial existente

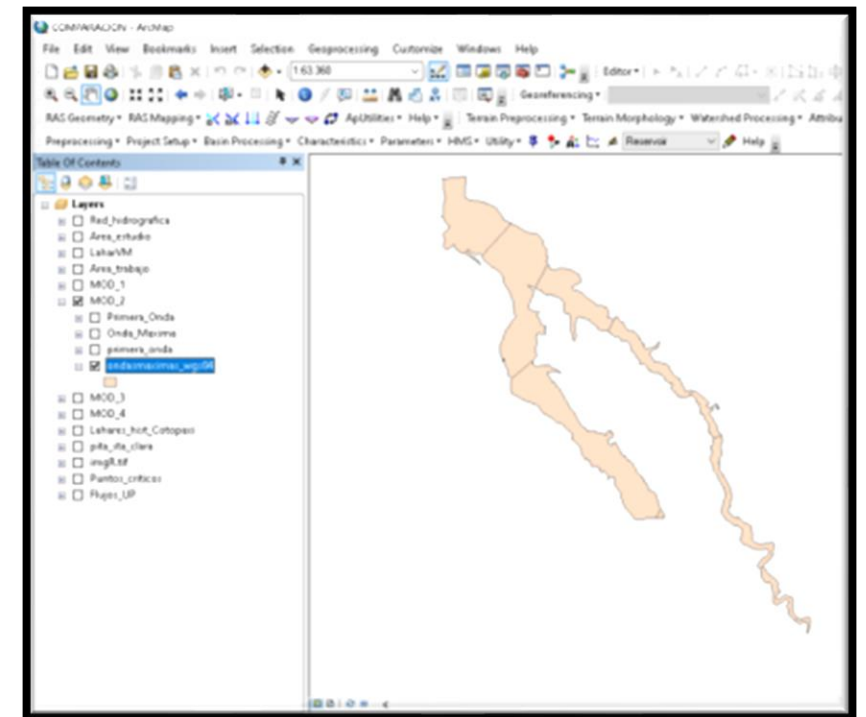
Catastro



Usos de Suelo Urbano



Shp Lahar



(GADRumiñahui, 2021); (ESPE, 2014)

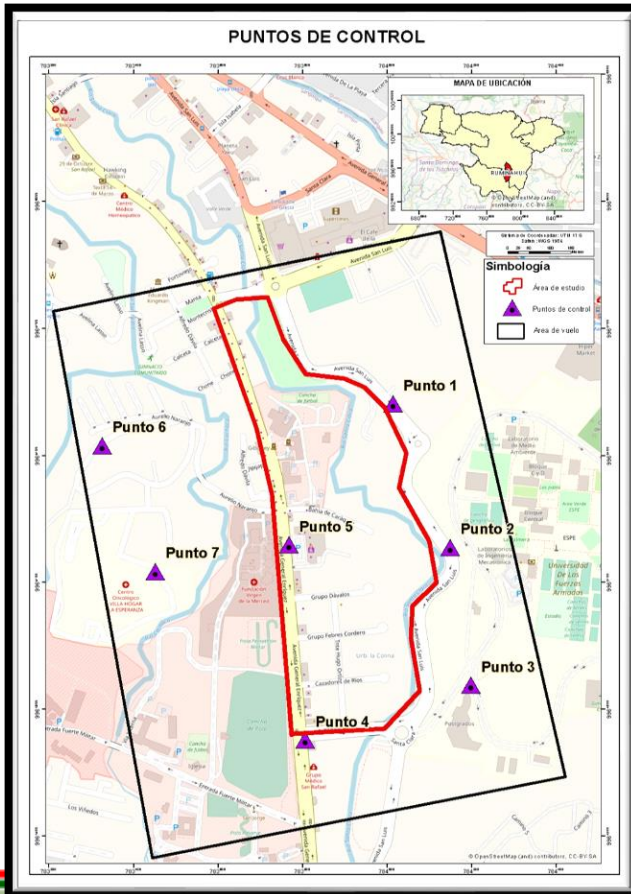


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

METODOLOGÍA

Proceso Fotogramétrico

Planificación



Puntos de control

Levantamiento



Punto 7

Materialización



Punto 7
80*80 cm



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

METODOLOGÍA



Proceso Fotogramétrico

Toma de fotografías

Procesamiento

Plan de vuelo

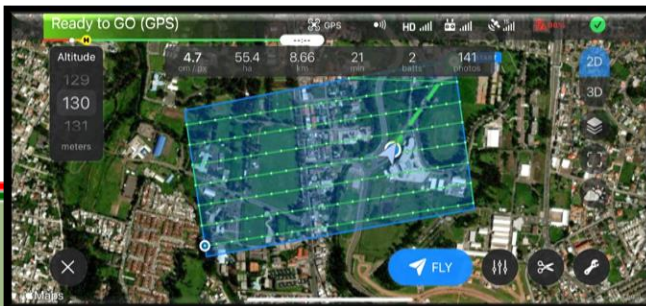
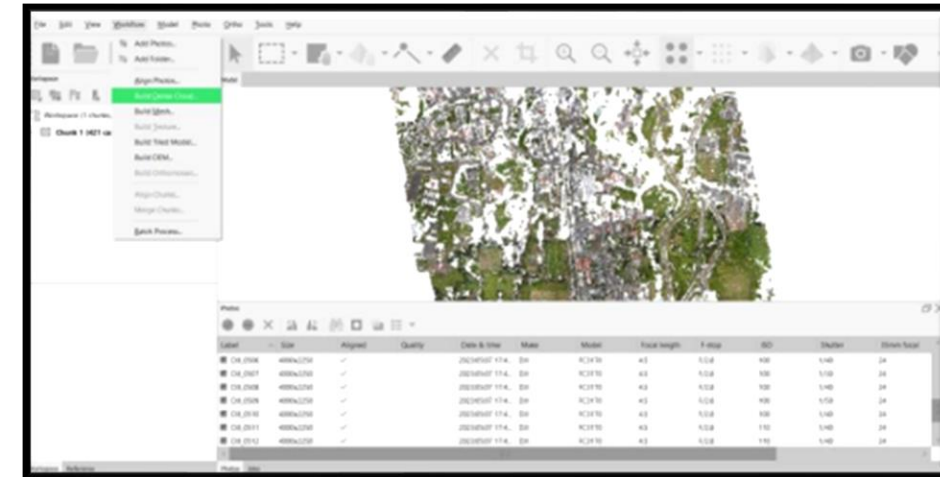
Dron

Agisoft Metashape Professional



Mavic Air 2

| | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Sensor | CMOS de 1/2" |
| | Píxeles efectivos: 12 MP y 48MP |
| Lente | FOV: 84° |
| | Longitud focal equivalente: 24 mm |
| | Apertura: f/2,8 |
| | Rango de enfoque: 1 m a ∞ |
| YO ASI | Vídeo: |
| | 100-6400 |
| | Foto (12MP): |
| | 100-3200 (Auto) |
| | 100-6400 (Manual) |
| | Foto (48MP): |
| | 100-1600 (Auto) |
| | 100-3200 (Manual) |
| Resolución máxima de fotos | 48MP 8000×6000 píxeles |

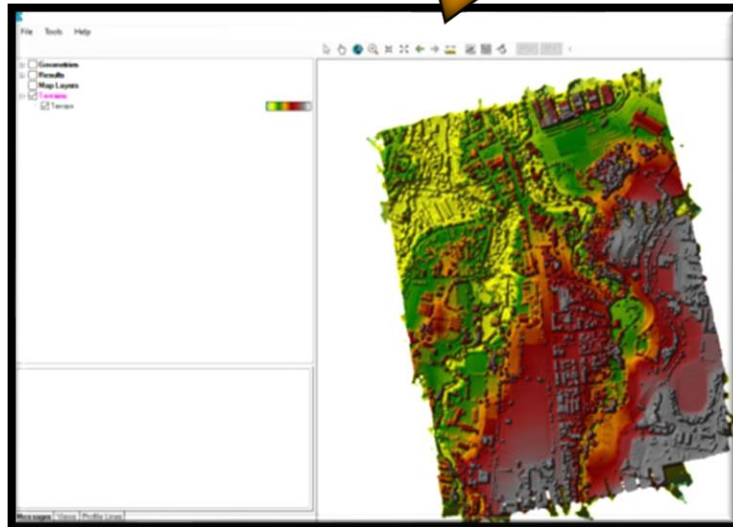
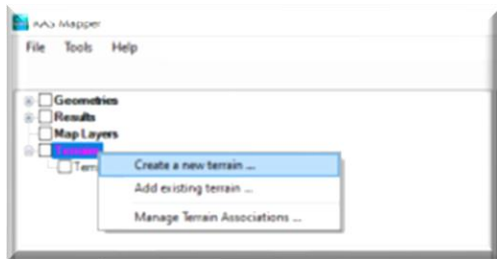


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

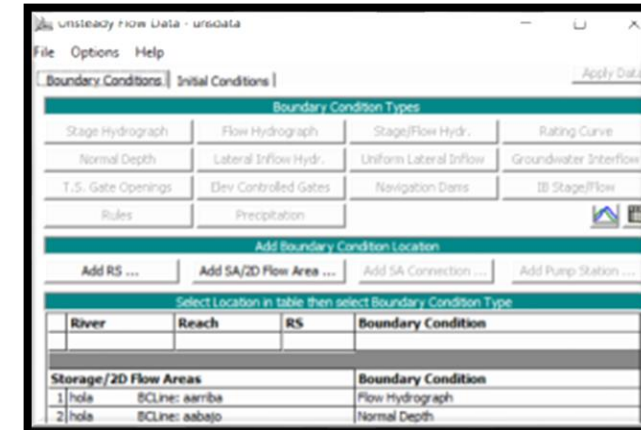
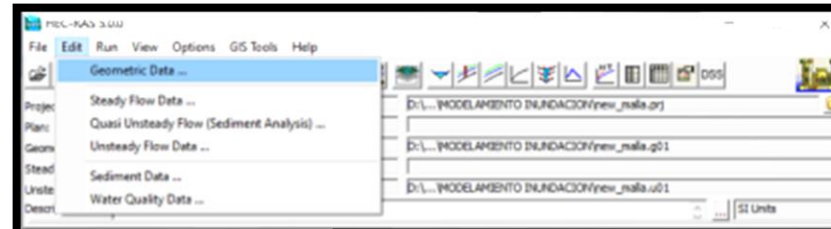
METODOLOGÍA

Modelamiento hidrológico - HecRAS

Importación información (MDS)



Creación de capas (malla y geometría)



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

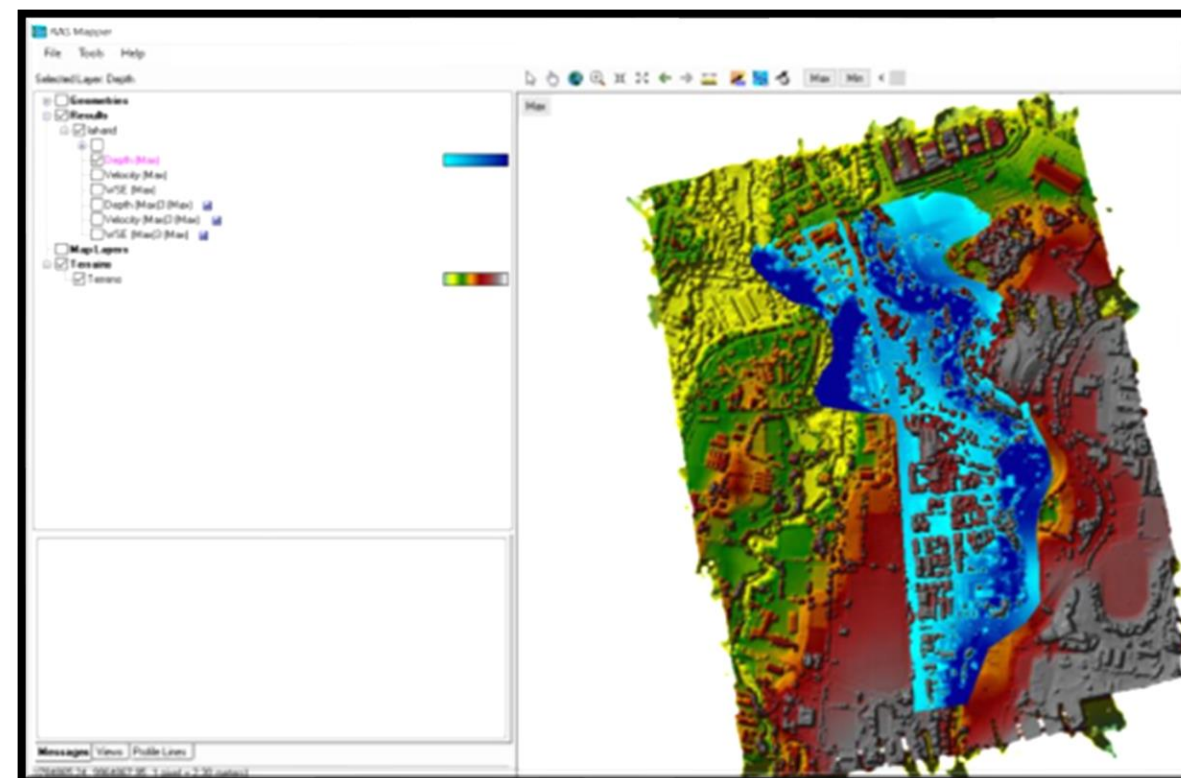


Modelamiento hidrológico - HecRAS

Ingreso de parámetros

Visualización del modelo

| ZONA | ÁREA | VOLUMEN (10 ⁶ m ³) | CAUDAL (10 ³ m ³ /s) | | Coef. Manning | MÁXIMA ALTURA (m) | | OBSERVACIÓN | AFECTACIÓN |
|-----------|-------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|------|------------------|-------------------------|------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| | | | 30% | 40% | | 30% | 40% | | |
| Pintag | Barrio Carlos Gavilanes | 44,1 | 14,7 | 19,6 | 0.09 | 20 | 25 | - | Sumergido |
| Pintag | Club Los Chillos | 44,1 | 14,7 | 19,6 | 0.09 | 22 | 25 | - | Sumergido |
| Pintag | Selva Alegre | 44,1 | 14,7 | 19,6 | 0.09 | 8 | 10 | - | Inundado |
| Pintag | Colegio Juan de Salinas | 44,1 | 14,7 | 19,6 | 0.09 | 14 | 17 | - | Sumergido |
| Pintag | El Choclo | 44,1 | 14,7 | 19,6 | 0.09 | 6 | 8 | - | Inundado |
| Sangolquí | Emp. Eléctrica Quito | 44,1 | 14,7 | 19,6 | 0.09 | 4 | 5 | Los flujos tienen una extensión de 300 y 260 m a cada lado del río. | Inundado |
| Sangolquí | River Mall | 44,1 | 14,7 | 19,6 | 0.09 | 3,24 | 3,60 | Los flujos tienen una extensión de 300 m a cada lado del río. | Parcialmente Inundado |
| Sangolquí | Club de Oficiales | 44,1 | 14,7 | 19,6 | 0.09 | 1,46 | 2 | Los flujos tienen una extensión de 300 y 200 m. | Parcialmente Inundado |
| Sangolquí | ESPE | 44,1 | 14,7 | 19,6 | 0.09 | 4 | 4 | - | Parcialmente Inundado |
| Sangolquí | San Luis Shopping | 44,1 | 14,7 | 19,6 | 0.09 | 2 | 4 | - | Parcialmente Inundado |
| Sangolquí | San Rafael | 44,1 | 14,7 | 19,6 | 0.09 | 5 | 6 | Los flujos tienen una extensión de 300 y 86 m. | Inundado |



METODOLOGÍA

Estructuración información geoespacial recopilada

Digitalización

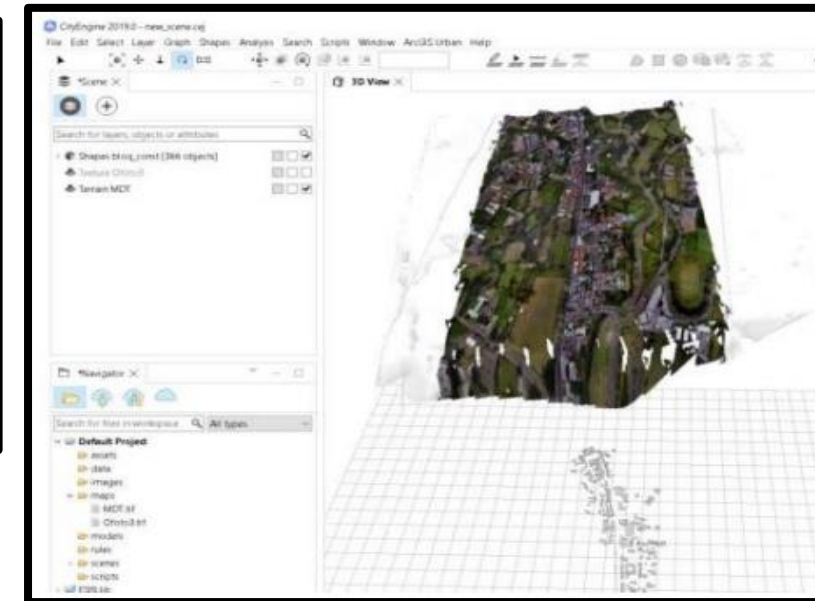
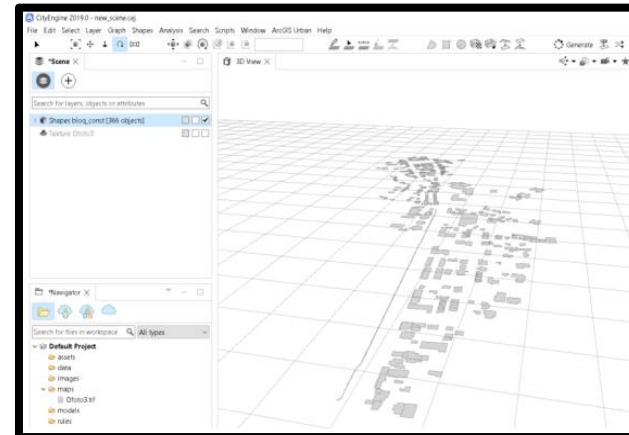
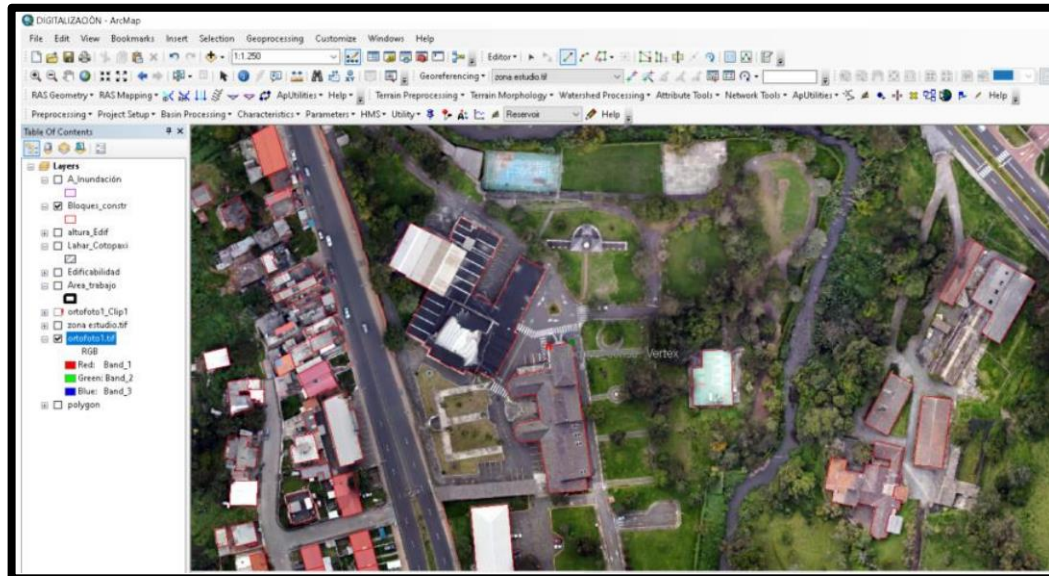
CityEngine

Bloques constructivos

MDT



Ortomosaico



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

METODOLOGÍA

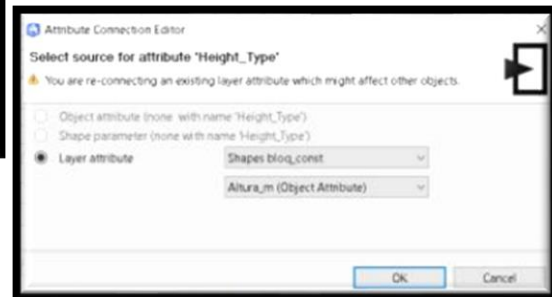
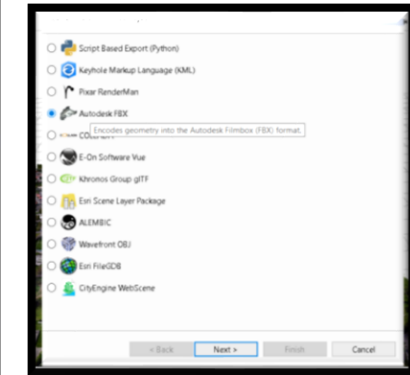
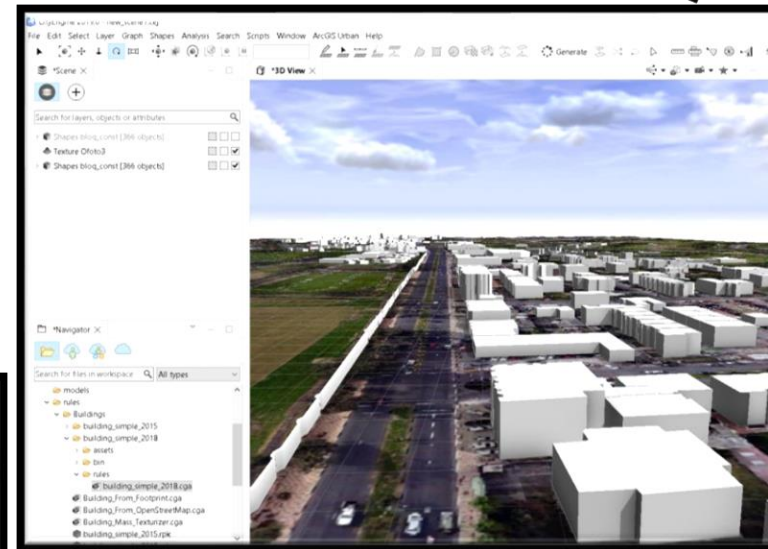
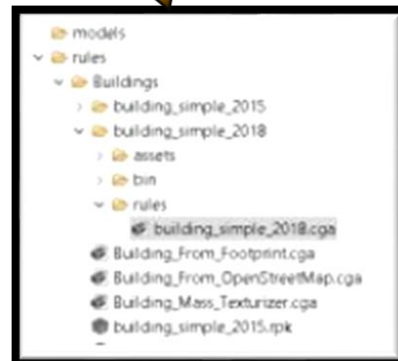
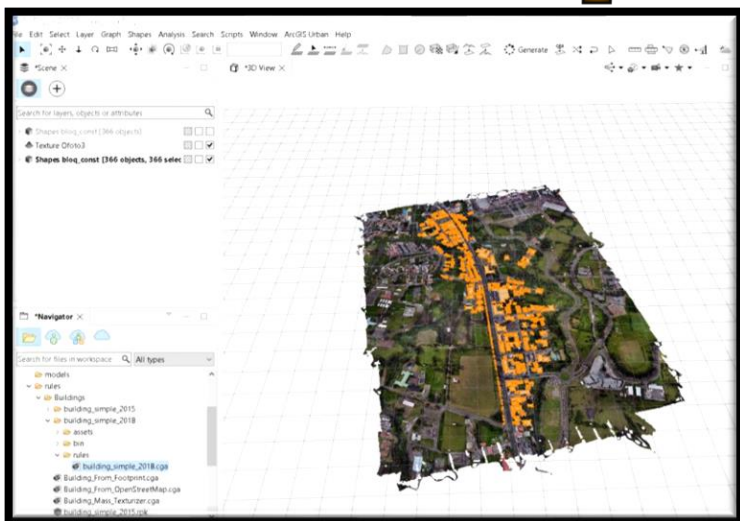


Estructuración información geoespacial recopilada

CityEngine

Parámetros altura

Exportación modelo



GOBIERNO AUTÓNOMO
DESCENTRALIZADO
MUNICIPAL DE RUMIÑAHUI

ORDENANZA No.
031-2017 DE
ZONIFICACIÓN,
USO Y
OCUPACIÓN DEL
SUELO

(GADMUR, 2018)

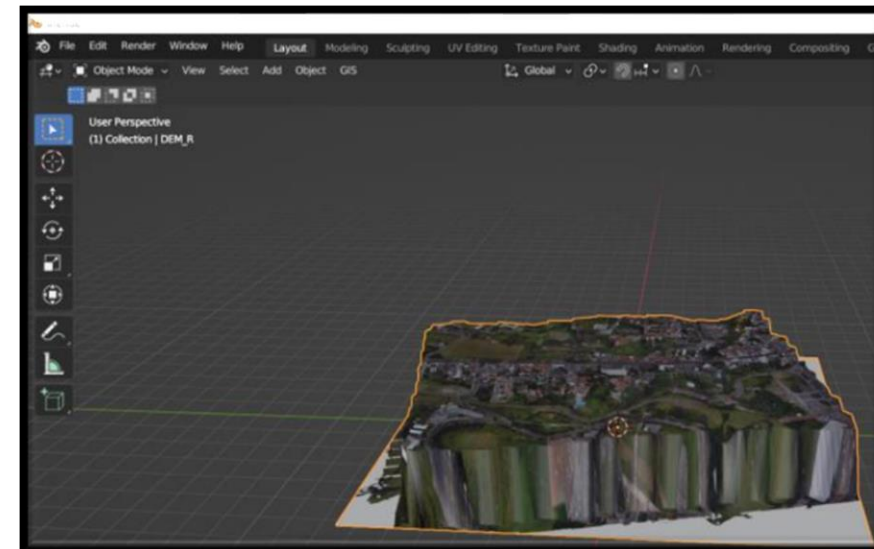
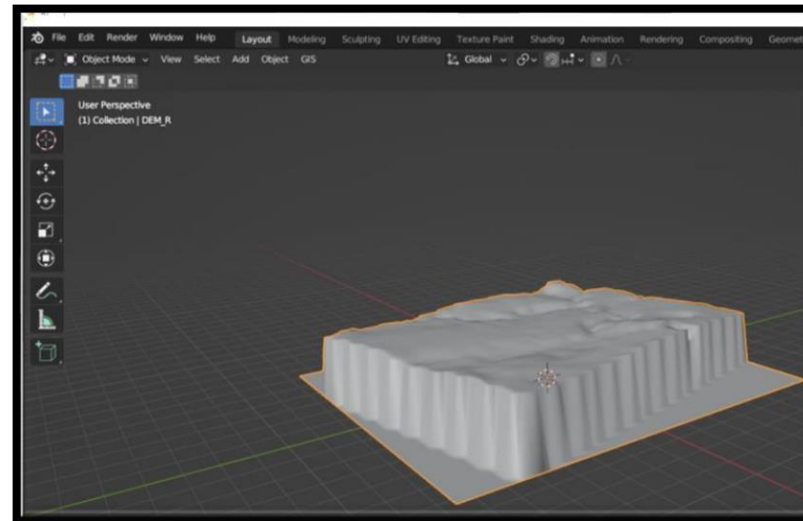
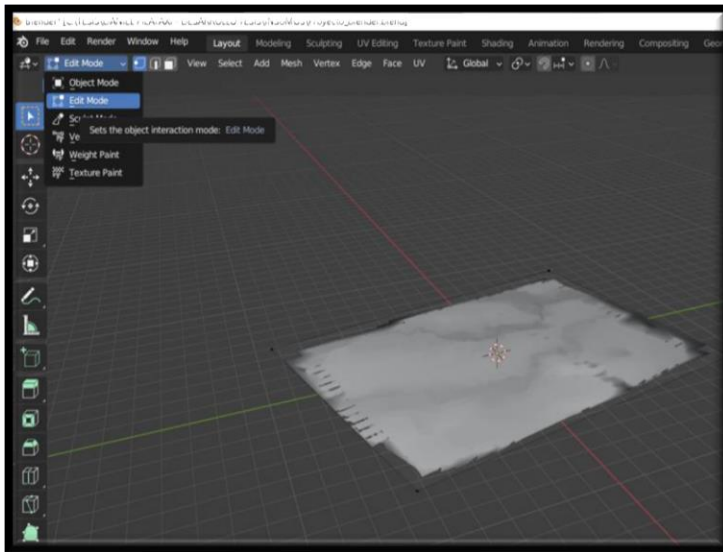
METODOLOGÍA

Modelamiento en Realidad Virtual - Blender

Importación

MDT

Ortomosaico



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



METODOLOGÍA

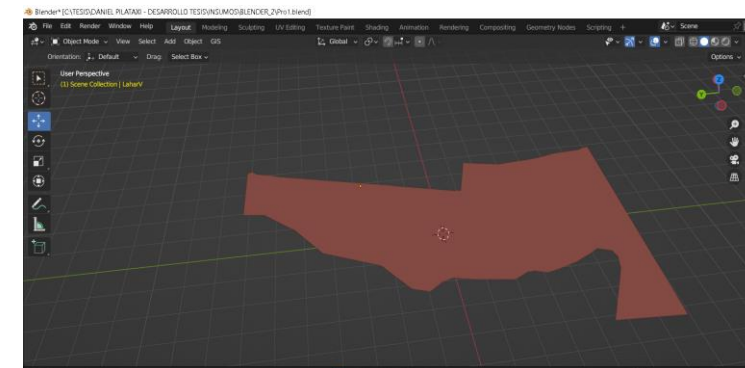
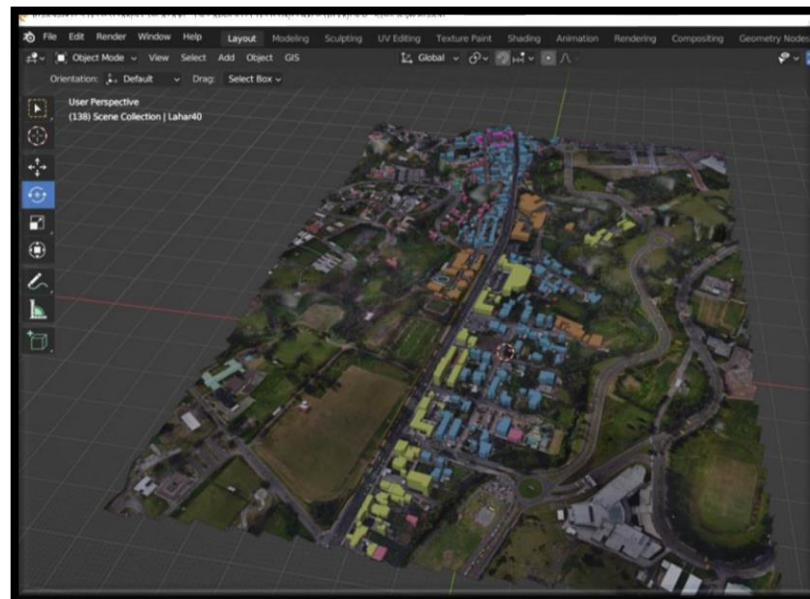
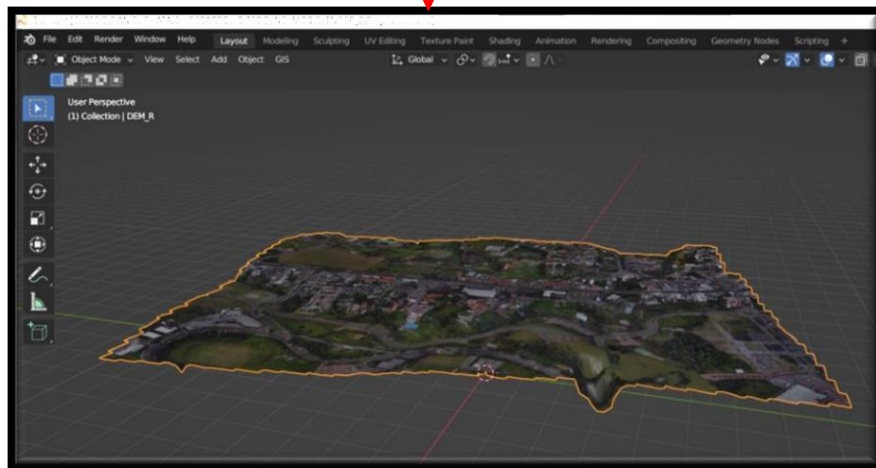
Modelamiento en Realidad Virtual - Blender

Depuración información

Importación

Bloques constructivos

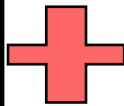
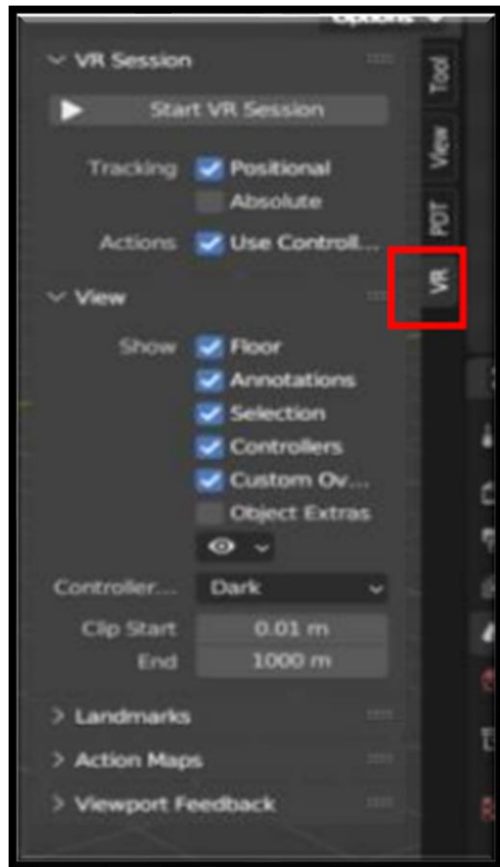
Shape Lahar



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

METODOLOGÍA

Modelamiento en Realidad Virtual - Blender



Visualización VR



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

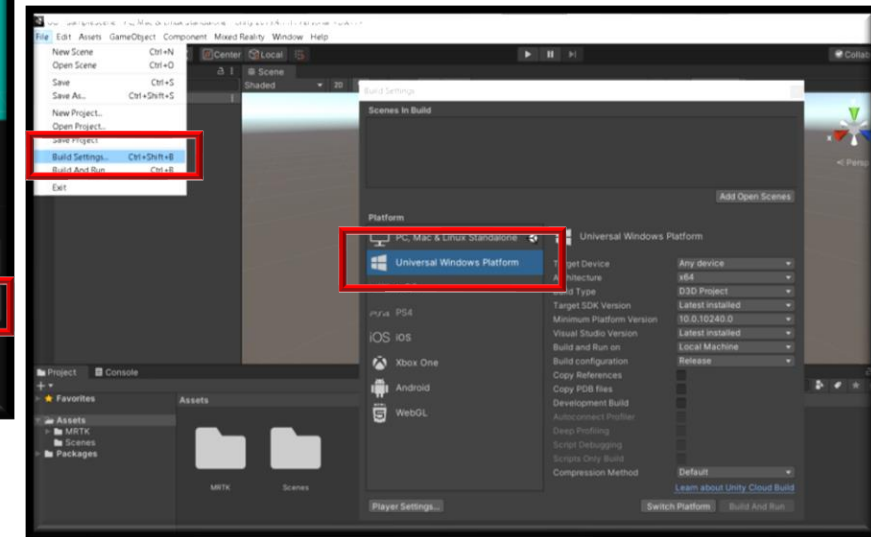
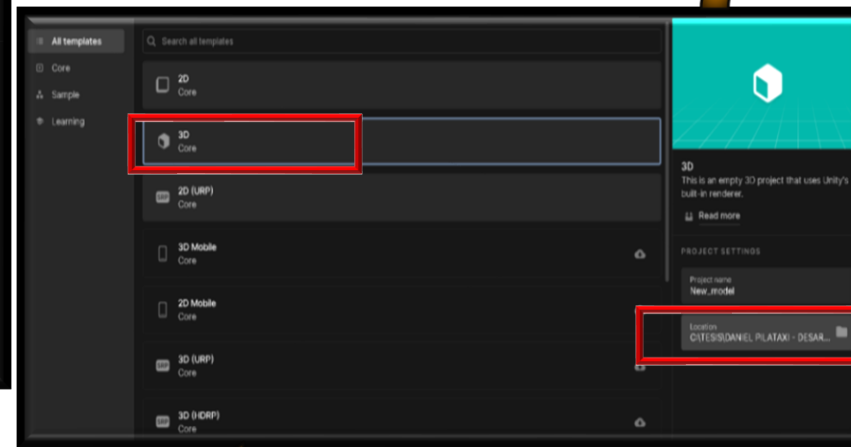
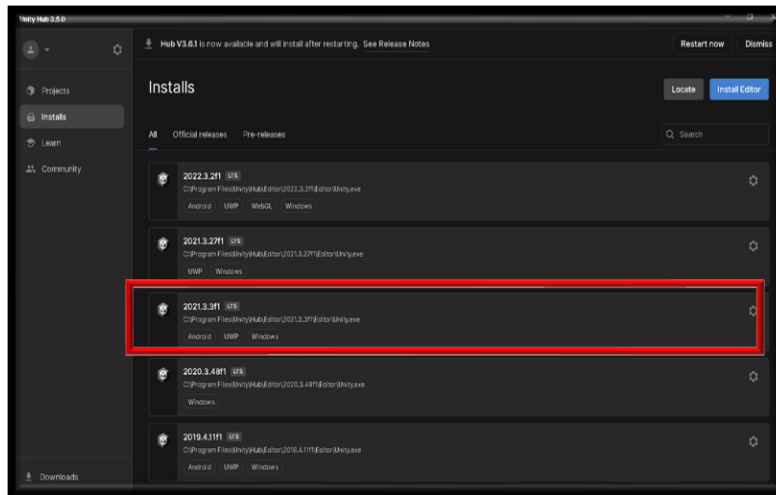
METODOLOGÍA

Modelamiento en Realidad Aumentada - Unity

Selección versión

Creación de un proyecto

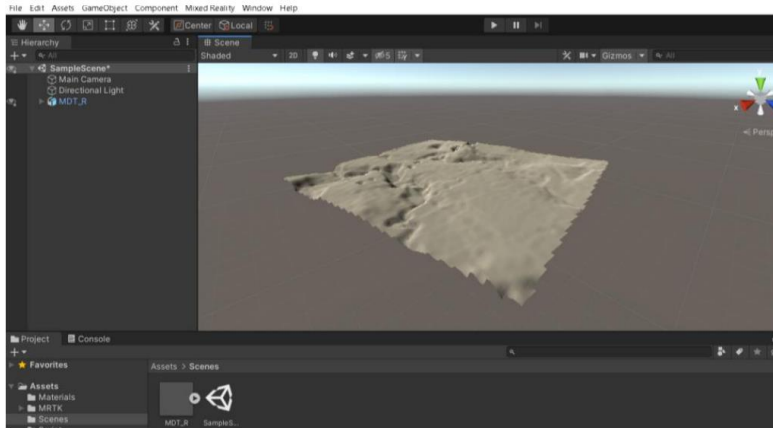
Configuración Plataforma



METODOLOGÍA

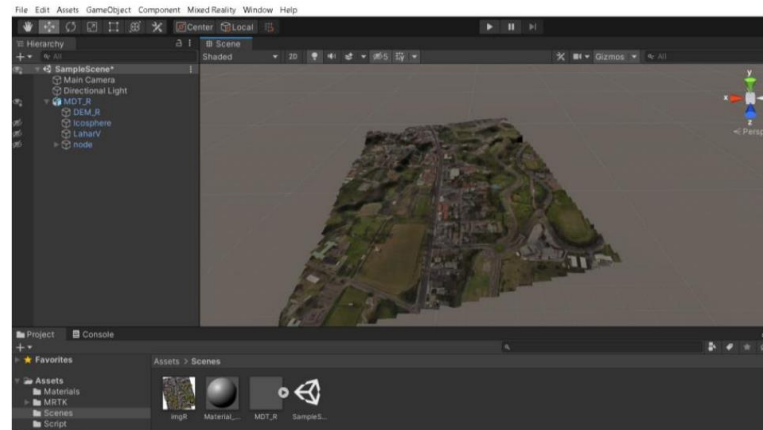
Modelamiento en Realidad Aumentada - Unity

MDT

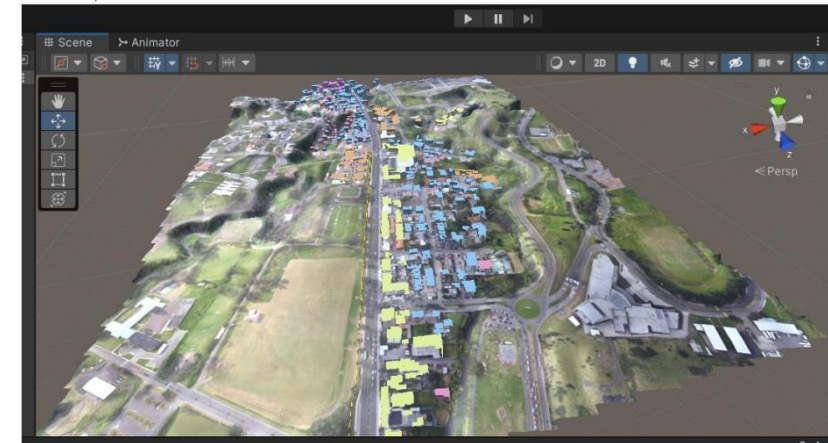


Importación

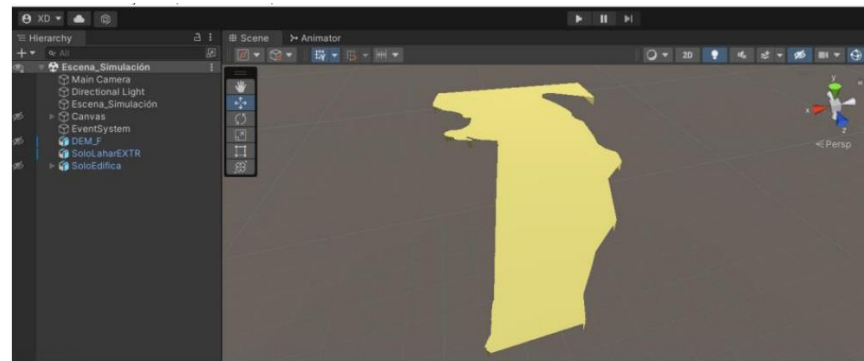
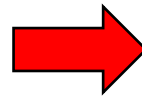
Ortomosaico



Bloques constructivos



Lahar



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

METODOLOGÍA

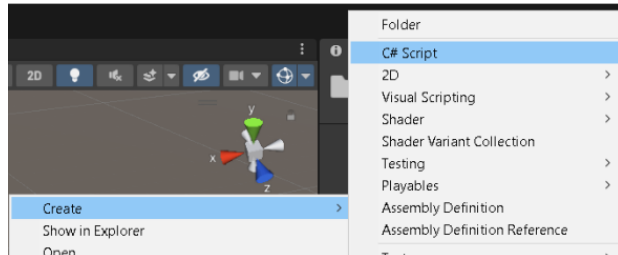
Modelamiento en Realidad Aumentada - Unity

Escenario

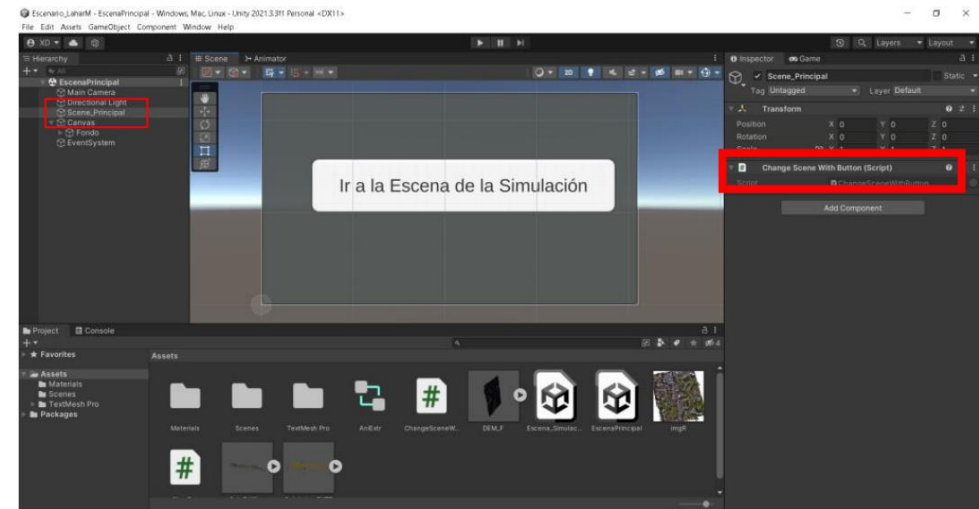
Creación Script

Creación Escenas

Asignación Script - Escenas



```
Botones.cs  
Assembly-CSharp  
1 using System.Collections;  
2 using System.Collections.Generic;  
3 using UnityEngine;  
4 using UnityEngine.SceneManagement;  
5 using UnityEngine.XR.WSA;  
6  
7 // Script de Unity 1.0 references  
8 public class Botones : MonoBehaviour  
9 {  
10     // 0 references  
11     public void LoadScene(string scenename)  
12     {  
13         SceneManager.LoadScene(scenename) ();  
14     }  
15  
16  
17
```



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

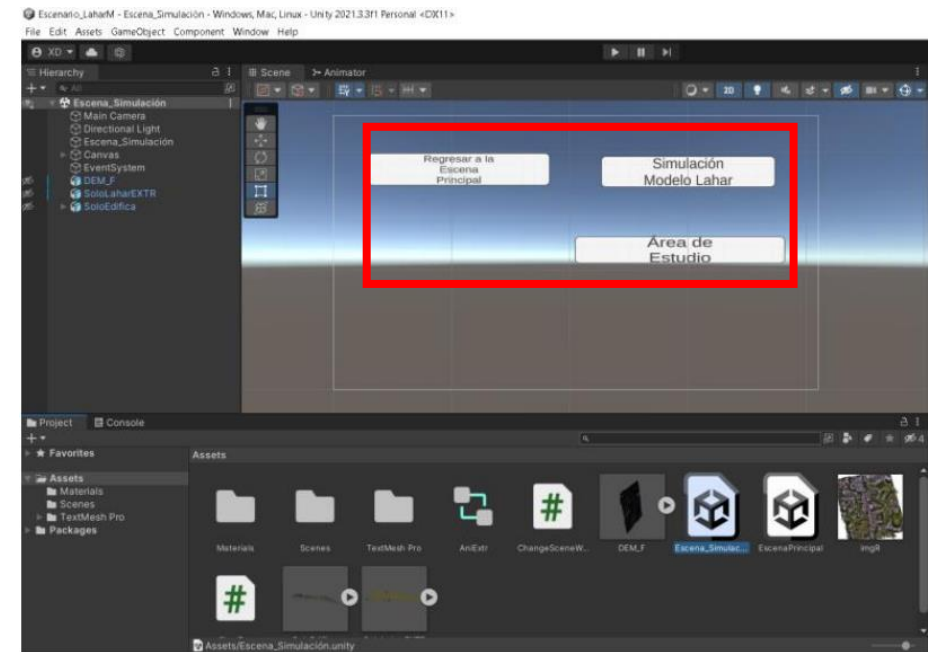
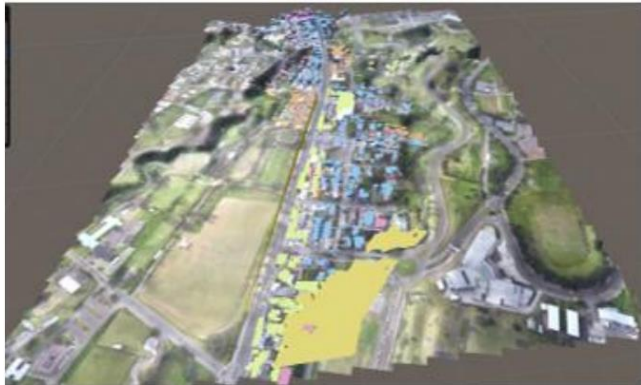
METODOLOGÍA

Modelamiento en Realidad Aumentada - Unity

Escenario

Asignación Script -Escenas

Creación de botones



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

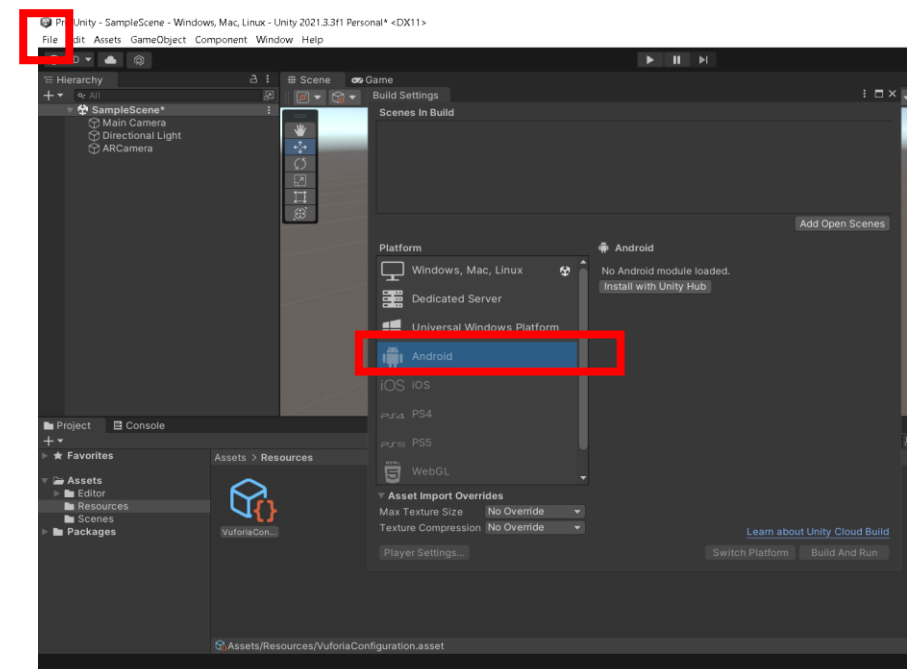
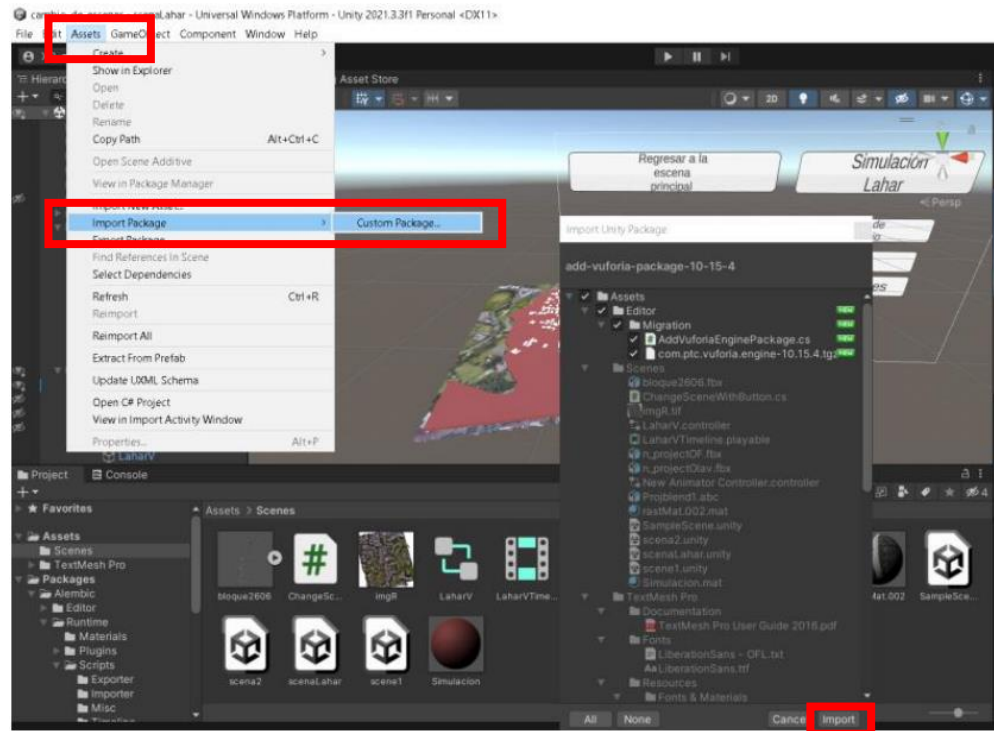
METODOLOGÍA

Modelamiento en Realidad Aumentada - Vuforia

Realidad Aumentada

Paquete Vuforia

Creación AR Camera



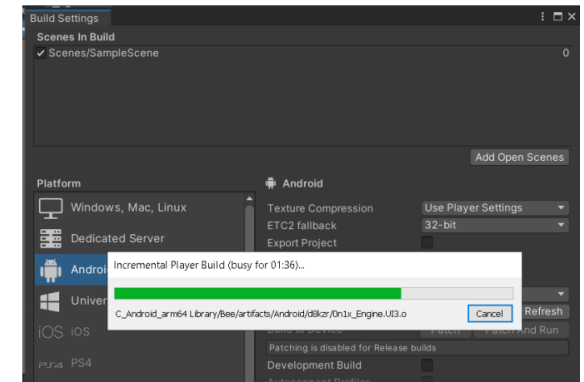
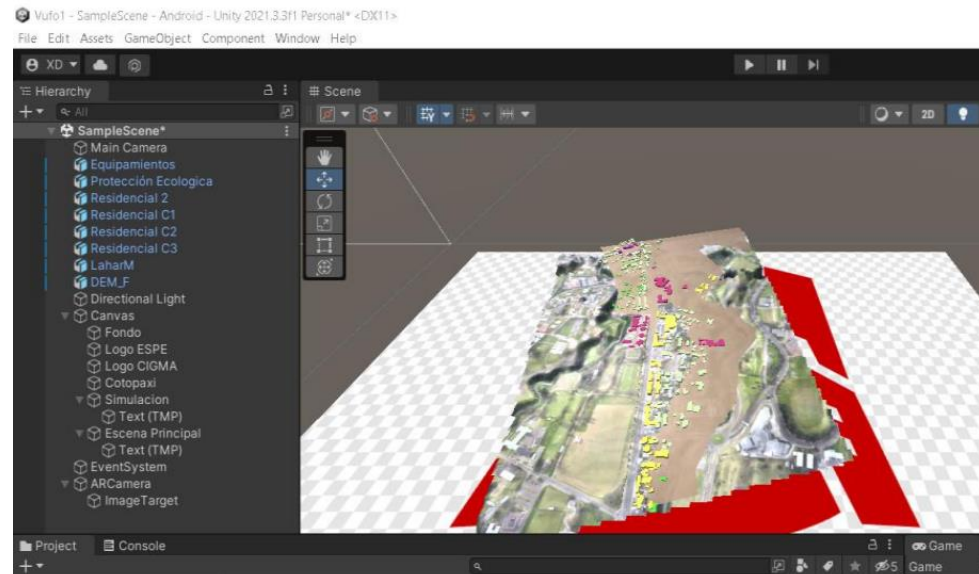
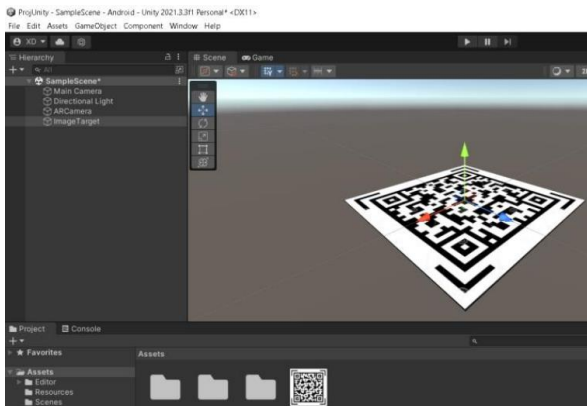
METODOLOGÍA

Modelamiento en Realidad Aumentada - Vuforia

Realidad Aumentada

Image Target

Generación del Escenario



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

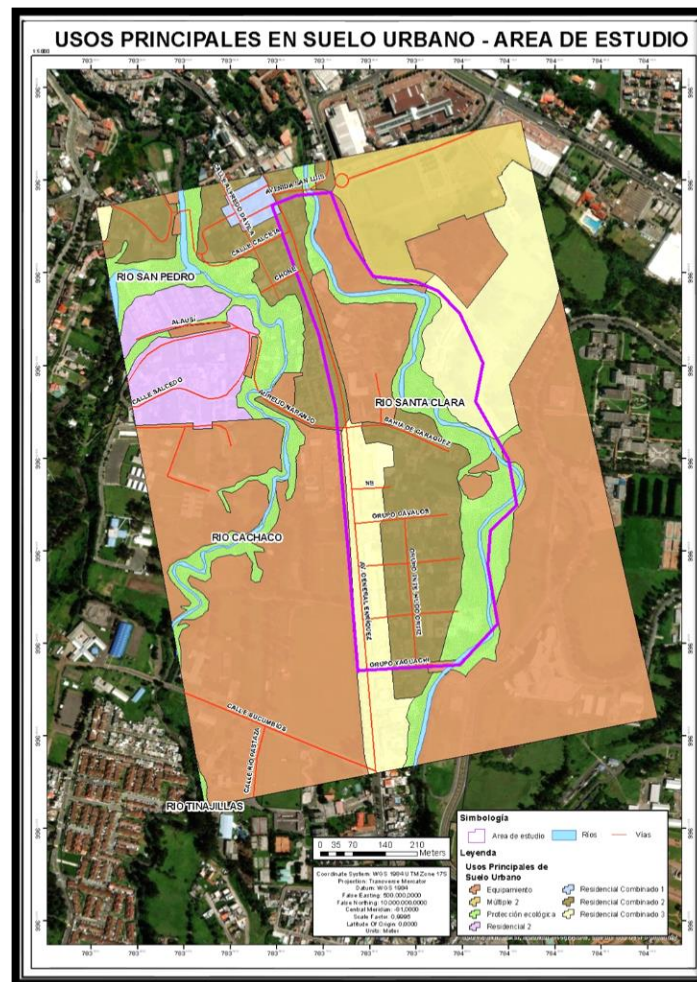
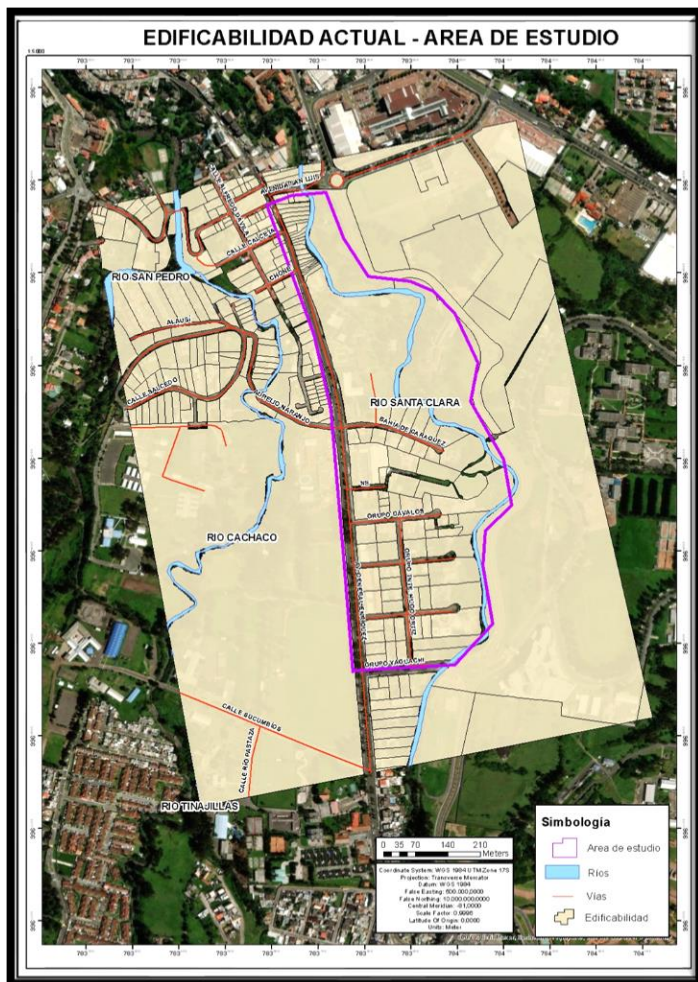
RESULTADOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RESULTADOS

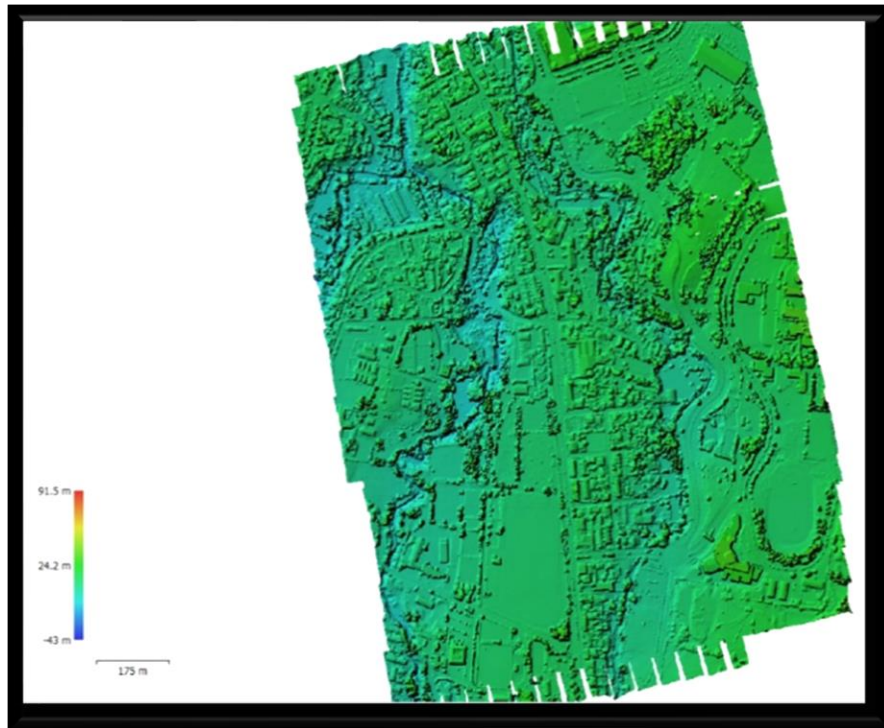
Información geoespacial recopilada



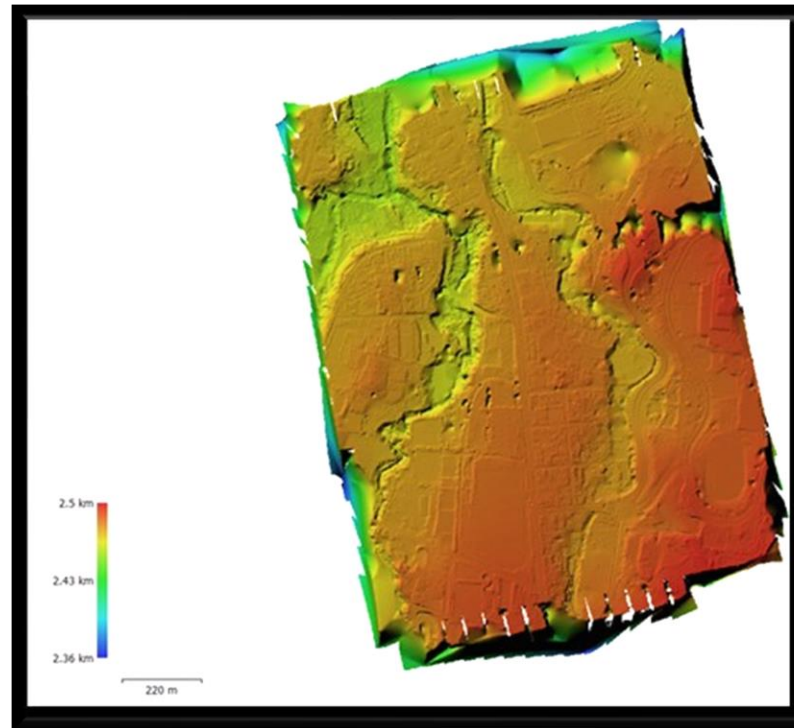
RESULTADOS

Proceso Fotogramétrico

MDS



MDT



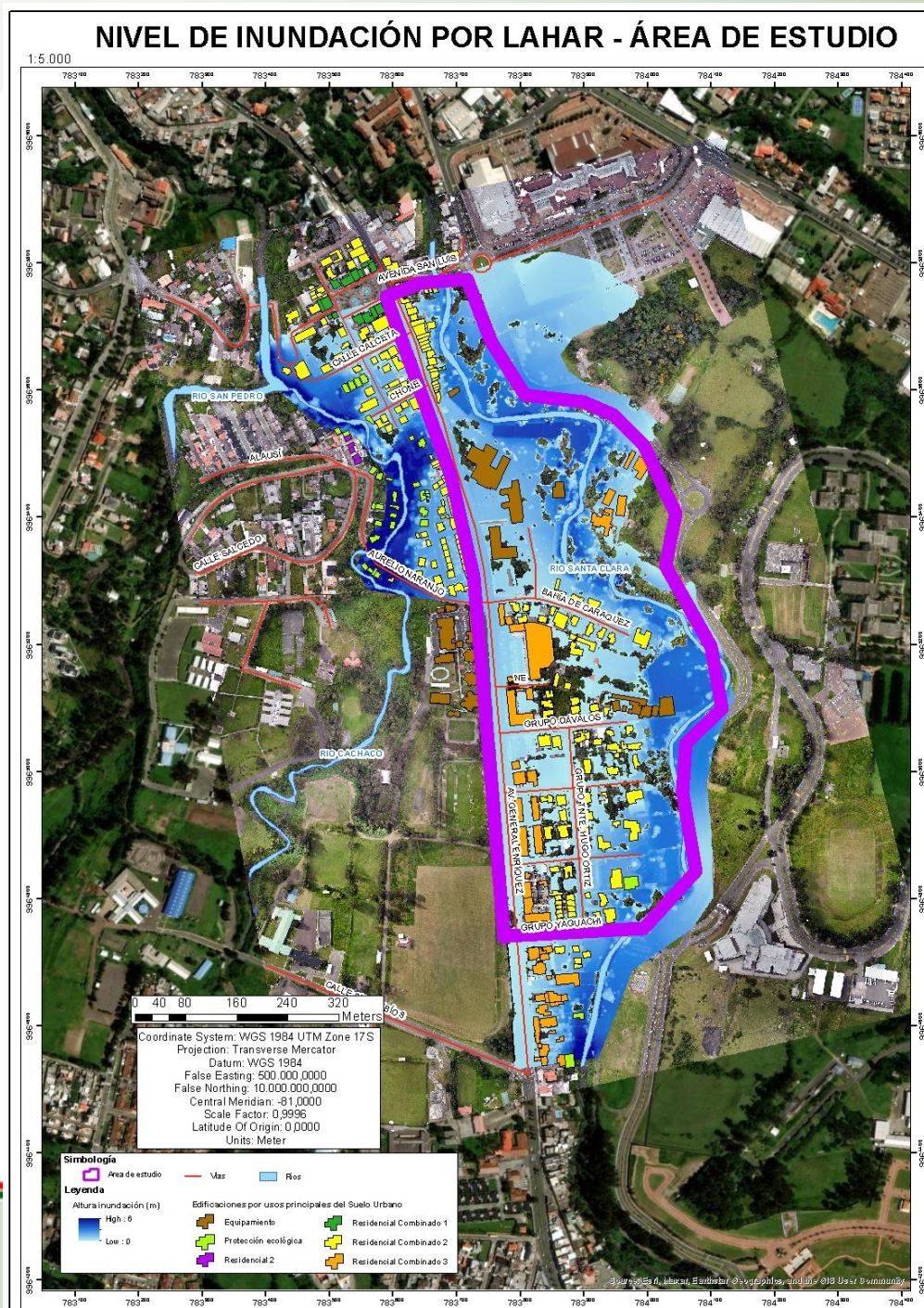
Ortomosaico



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RESULTADOS

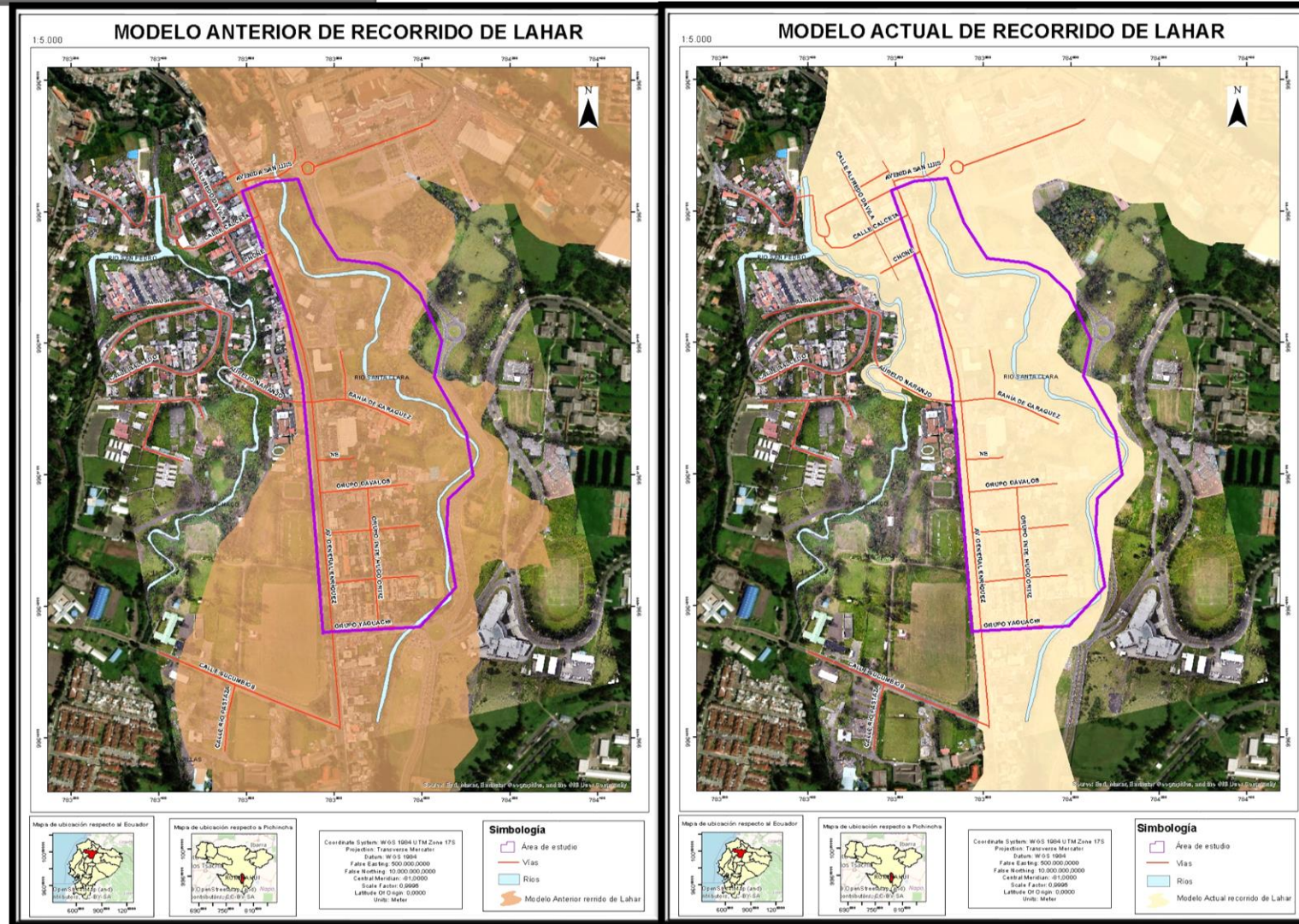
Modelo hidrológico - HecRAS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RESULTADOS

Comparación modelos



ANTERIOR

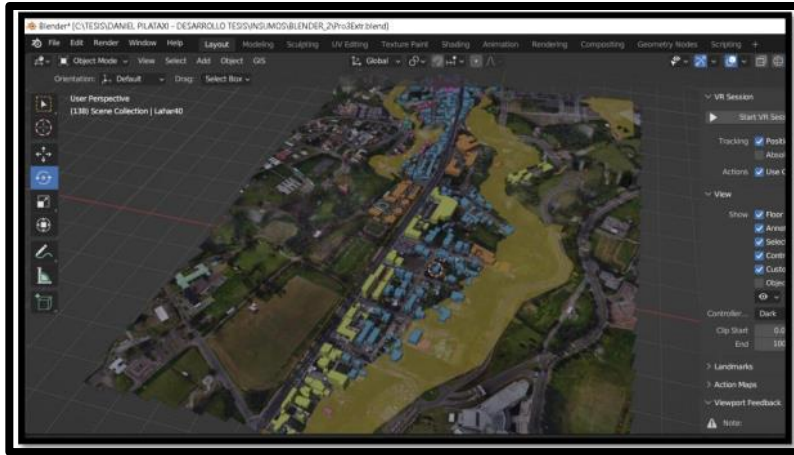
ACTUAL

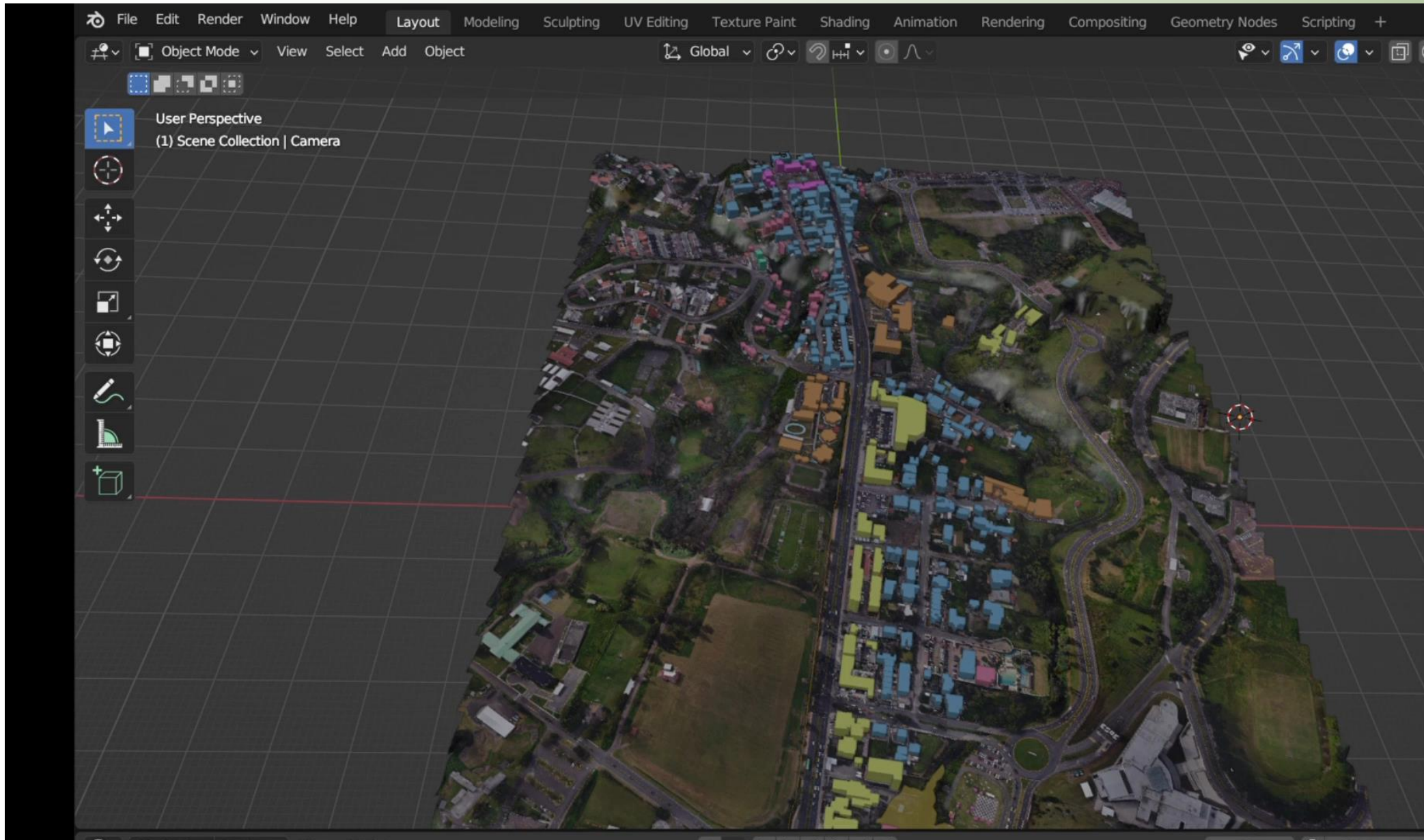


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RESULTADOS

Modelo en Realidad Virtual - Blender

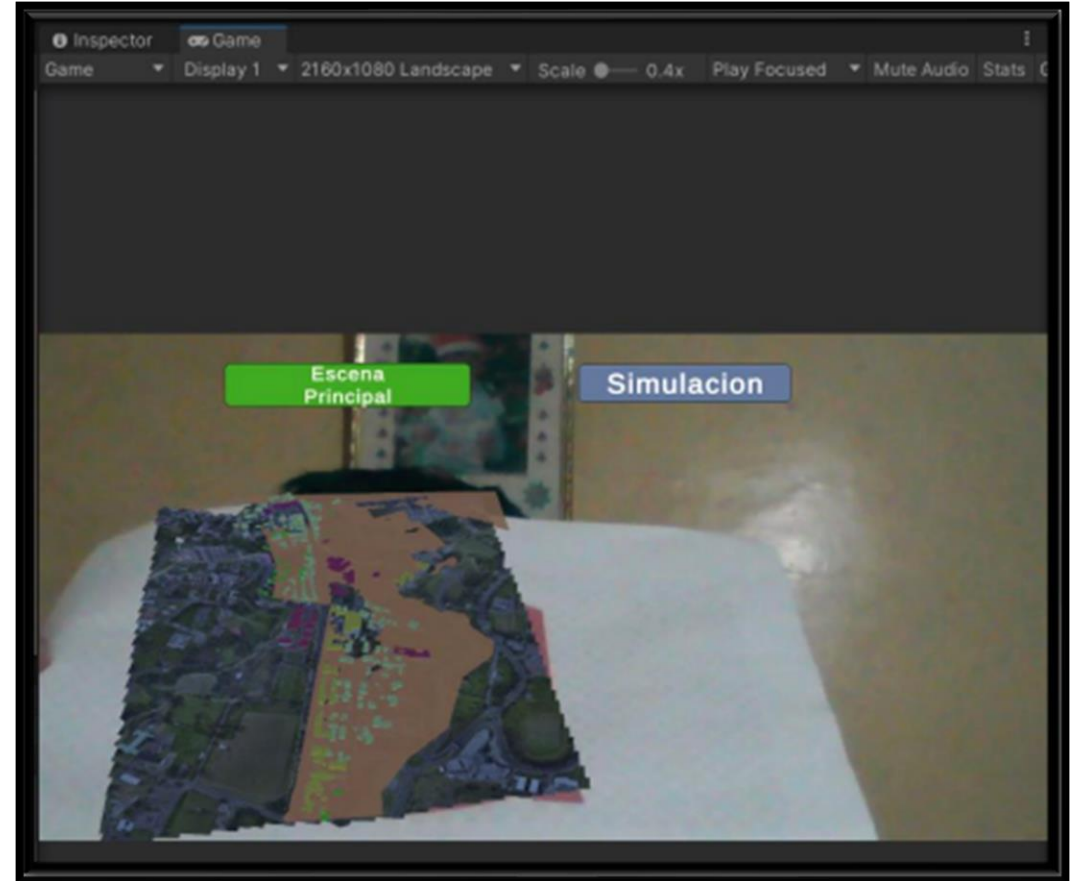
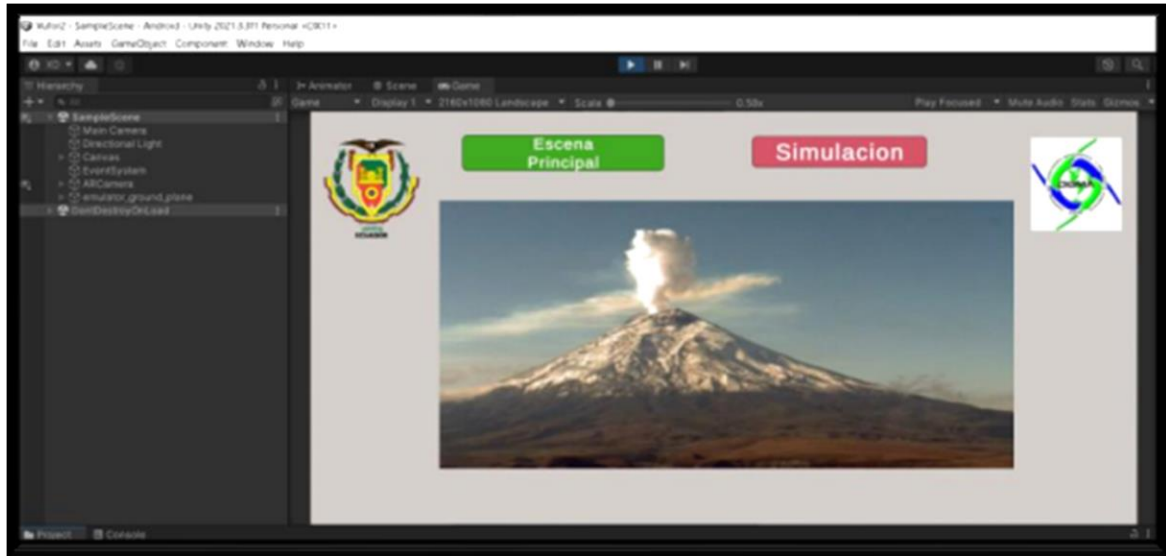




ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

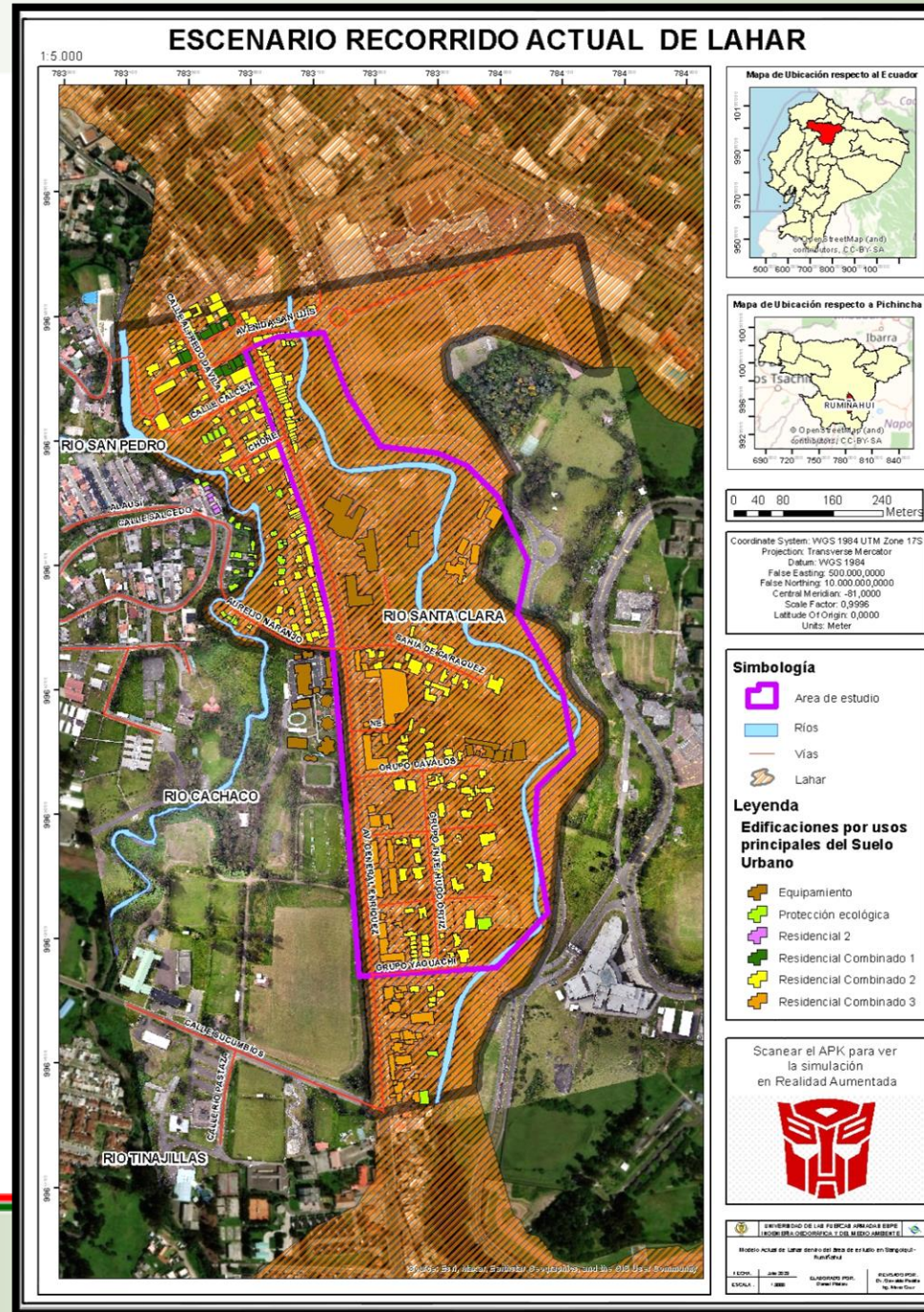
RESULTADOS

Modelo en Realidad Aumentada – Unity / Vuforia



RESULTADOS

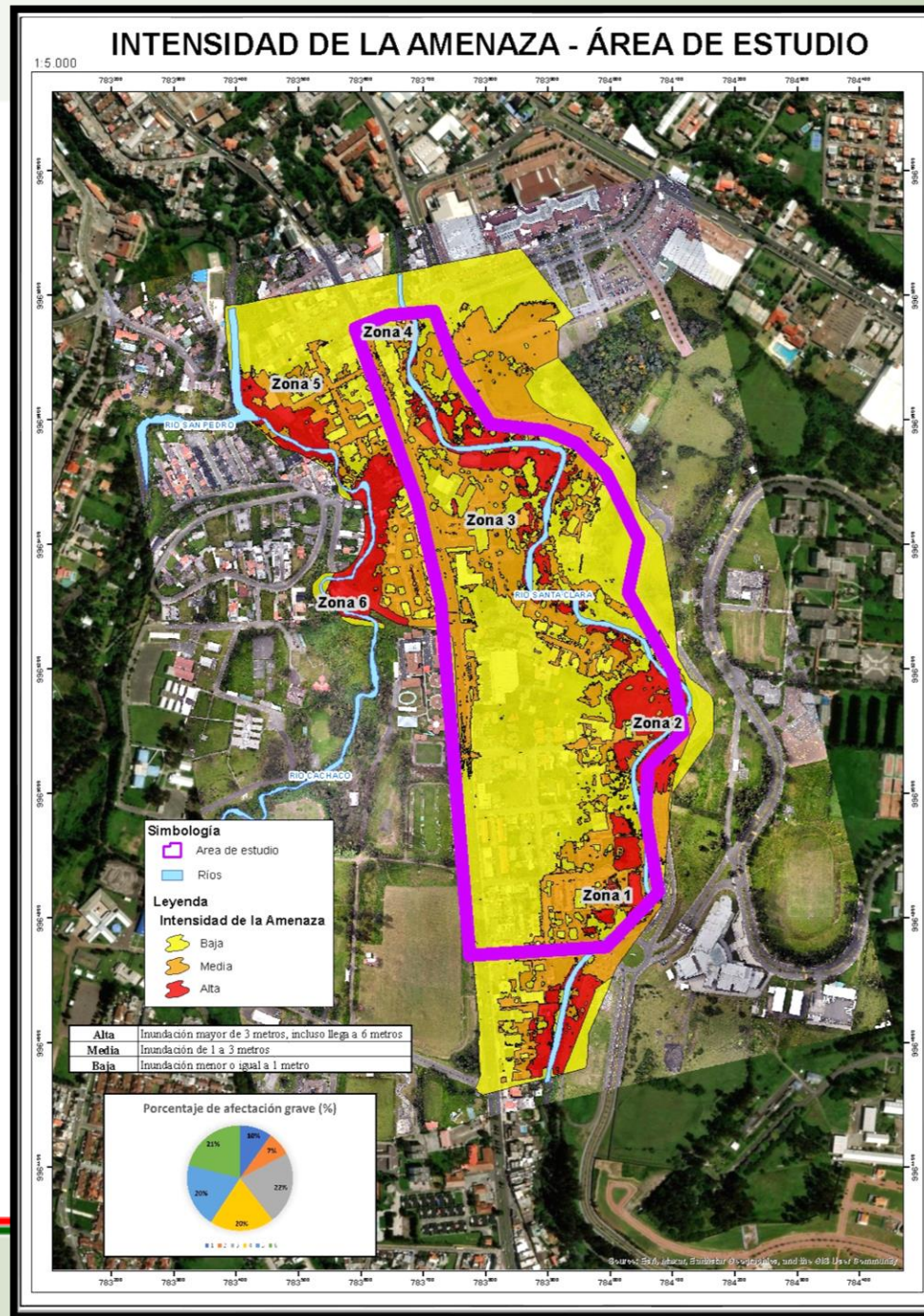
Escenario Recorrido Actual Lahar



RESULTADOS

Análisis de la amenaza

| Intensidad de la amenaza | Nivel de inundación (m) | Descripción |
|--------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Alta | $> 3 \text{ y } \leq 6$ | inundado |
| Media | $> 1 \text{ y } \leq 3$ | parcialmente inundado |
| Baja | ≤ 1 | daño leve |



RESULTADOS

Análisis de la amenaza

Valoración económica

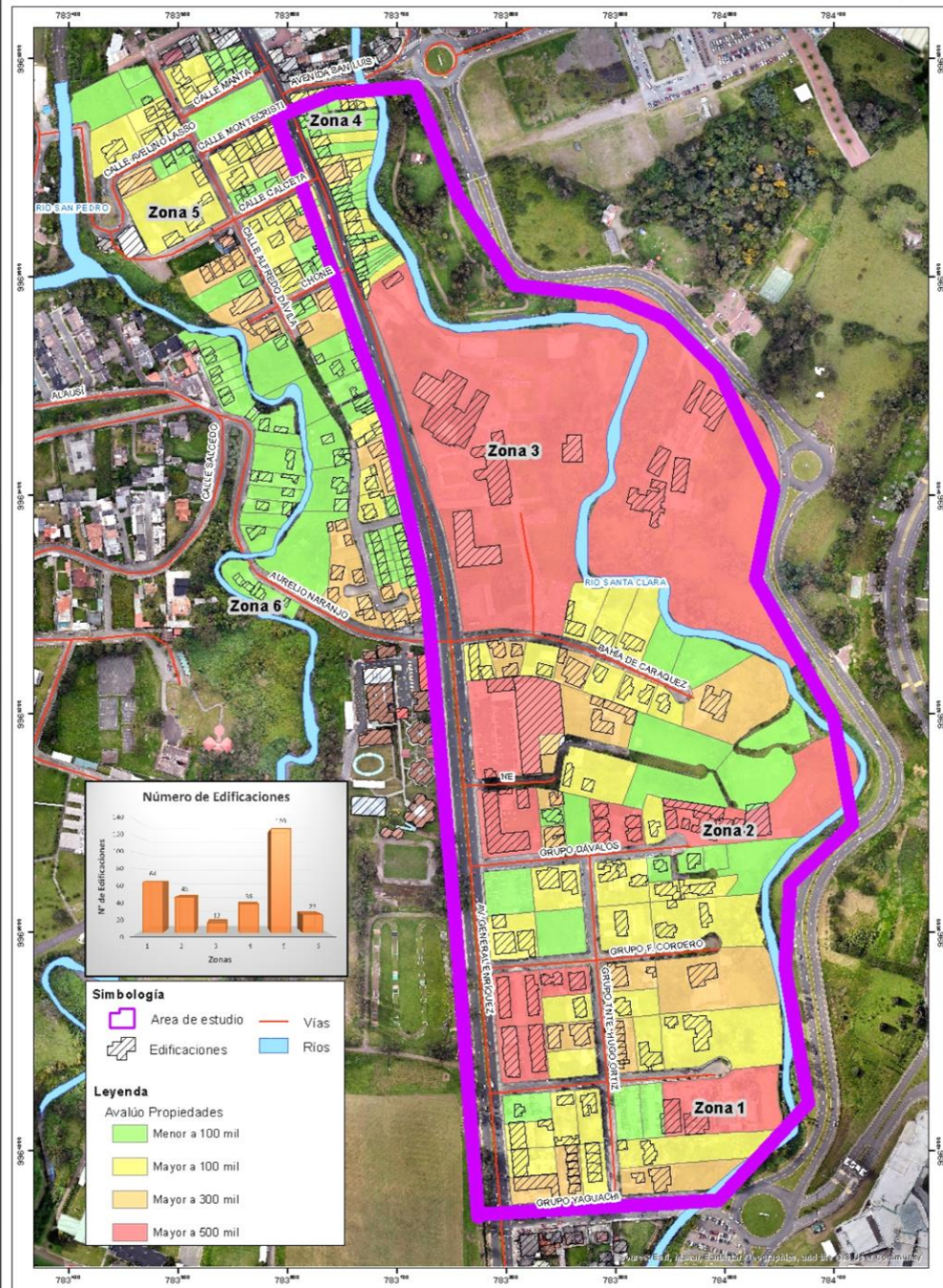


RESULTADOS

Análisis de la amenaza

Valoración económica

AVALÚO PROPIEDADES- ÁREA DE ESTUDIO



CONCLUSIONES



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES

La generación del modelo de inundación en el software Hec-RAS, permitió tener buenos resultados debido a que el escenario obtenido se realizó en función de información geográfica actualizada, misma que se pudo visualizar a detalle en el modelo digital de superficie el cual indica los elementos presentes en el área de estudio como son: construcciones y vegetación, los cuales influyeron en el modelamiento.

La creación de nuevas infraestructuras dentro de un área de influencia podría convertirse en una medida de mitigación para ciertas zonas, siempre y cuando estas sean construidas para resistir este tipo de fenómenos, este caso, el modelo de inundación generado demuestra que si el muro ubicado en la parte occidental del área de estudio está construido para soportar el choque de este evento, podría proteger construcciones importantes como lo son un equipamiento de seguridad y otro de carácter social, los cuales en modelos anteriores indican a estos dentro del área de influencia.

La visualización de los resultados en realidad virtual permite entender de mejor manera el escenario que produciría la amenaza, ya que gracias a las herramientas que esta posee, permite recrear posibles escenarios en un entorno actual, trasladarse hacia a ellos de manera ficticia y moverse dentro de ese entorno hacia los diferentes sectores de interés.



RECOMENDACIONES



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RECOMENDACIONES

Se recomienda investigar otros modeladores hidrológicos, a fin de comprobar la calidad de resultados que puedan generar cada uno.

Es importante consultar las versiones de los softwares y los complementos con los que se va a trabajar, ya que en ciertos casos los paquetes de trabajo utilizados no son compatibles.

Se recomienda aplicar estas tecnologías en trabajos similares, pero en otras áreas de estudio, a fin de generar escenarios actuales de eventos naturales, ya que cada día aumentan el número de edificaciones en lugares que son áreas de influencia.

La implementación de estas tecnologías en la gestión de riesgos permite tener una mejor visualización de los escenarios ante eventos naturales, por tal motivo, se recomienda incorporar este tipo de herramientas para todos los tomadores de decisiones de gestión de riesgos.





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE**

“Modelamiento del tránsito de lahares por eventual erupción del volcán Cotopaxi en el área comprendida entre las calles Yaguachi, Av. General Enríquez, Av. San Luis y Bulevar Sangolquí mediante técnicas de información geoespacial.”

AUTOR:

PILATAXI MEDINA, DANIEL ANDRÉS

DIRECTOR DEL PROYECTO:

ING. PADILLA ALMEIDA, OSWALDO VINICIO, PhD.

DOCENTE EVALUADOR:

ING. SALAZAR, RODOLFO, PhD.

DIRECTOR DE CARRERA:

ING. ROBAYO NIETO, ALEXANDER, MSc.

SECRETARÍA ACADÉMICA:

ABG: CALAHORRANO, CARLOS

SANGOLQUÍ, DICIEMBRE 2023

