



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

**“Levantamiento fotogramétrico de edificaciones de la Universidad del
Azuay”**

**Tesis previa a la obtención del Título de:
Ingeniero de sistemas**

Autor:

Isaac Arias

Director:

Ing. Paúl Ochoa

Cuenca – Ecuador

2015

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, ya que sin su apoyo no estaría en este momento escribiendo estas palabras.

A mi hermana que desde el cielo sé que estará orgullosa de mi.

A mi hija Valentina, que ha sido mi fortaleza en los momentos de debilidad.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, ya que con su apoyo he logrado cumplir una meta más en mi vida.

A mi hermana y mi hija, que han sido un pilar fundamental para la obtención de mi título.

A todos los profesores que a lo largo de los ciclos nos han impartido sus conocimientos.

INDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
Capítulo I	3
Marco Teórico	3
1.1 Fotogrametría	3
1.2 Fotogrametría Arquitectural	4
1.2.1 El Software Photomodeler	4
1.2.1.1 Orientación en el Espacio.....	5
1.2.1.2 Restitución Fotogramétrica.....	5
1.2.1.3 Ortorrectificación.....	6
1.3 Escala.....	6
1.3.1 Representación.....	6
1.3.2 Tipos de Escala.....	6
1.3.3 Escala Gráfica, Numérica y Unidad por Unidad	7
1.3.4 Normalización de Escalas	7
1.4 El software Google Sketchup	8
1.5 El Software Google Earth	9
1.6 Conclusiones.....	10
Capítulo II	11
Reconocimiento del Espacio Físico y Levantamiento de Información	11
2.1 Estudio de la Superficie	11
2.1.1 Materiales Utilizados.....	11
2.1.2 Análisis de Campo	13
2.2 Análisis General de Dimensiones	13
2.2.1 Medida de las Dimensiones de las Fachadas.....	13
2.3 Relevamiento Fotográfico.....	14
2.3.1 Toma de Fotografías.....	14

2.4 Conclusiones.....	15
Capítulo III	17
Procesamiento de la Información.....	17
3.1 Recopilación y Sistematización de Datos	17
3.1.1 Calibración	17
3.2 Análisis de Datos.....	17
3.2.1 Inserción de las Fotografías	17
3.2.2 Comandos Básicos.....	19
3.2.3 Asignación de Puntos en las Fotografías.....	23
3.2.4 Orientación de las Fotografías.....	24
3.3 Procesamiento de Datos.....	26
3.3.1 Corrección de Errores de Precisión.....	26
3.3.2 Coordenadas y Asignación de Escala al Modelo.....	28
3.4 Creación de las Ortofotos.....	30
3.4.1 Creación de Materiales para Superficies.....	30
3.4.2 Creación de Superficies.....	32
3.4.3 Asignación de Materiales a Superficies	33
3.4.4 Visualización y Exportación de la Ortofoto.....	34
3.5 Conclusiones	37
Capítulo IV	39
Desarrollo de los Productos.....	39
4.1 Análisis de los Datos	39
4.1.1 Comandos Básicos.....	39
4.1.2 Integración de las Ortofotos.....	43

4.2 Modelado en 3D.....	45
4.2.1 Forma 3D de la Edificación	45
4.2.2 Integración de las Ortofotos.....	46
4.2.3 Formas 3D de las Fachadas	47
4.3 Georreferenciación.....	49
4.3.1 Añadir una Localización.....	49
4.3.2 Posicionamiento del Modelo.....	50
4.4 Publicación de los Modelos.....	51
4.4.1 Almacén del Sketchup Pro (Trimble 3D Warehouse).....	51
4.4.2 Descarga y Visualización del Modelo en Google Earth.....	53
4.5 Realidad Aumentada.....	54
4.5.1 Plugin AR Media.....	55
4.5.2 Instalación del Plugin AR Media en Sketchup Pro.....	55
4.5.3 Interfaz Principal.....	56
4.5.3.1 Marcadores Disponibles.....	57
4.5.3.2 Configuración de una Escena.....	58
4.5.3.3 Acciones.....	59
4.5.4 Creación del Archivo armedia.....	59

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INDICE DE ILUSTRACIONES Y CUADROS

Imagen 1.1: Toma Fotográfica Aérea.....	3
Imagen 1.2: Fotogrametría Arquitectural.....	4
Imagen 1.3: Software Photomodeler.....	5
Imagen 1.4: Software Google Sketchup.....	8
Imagen 1.5: Software Google Earth.....	10
Imagen 2.1: Cámara Fotográfica.....	12
Imagen 2.2: Trípode.....	12
Imagen 2.3: Flexómetro.....	13
Imagen 2.4: Medidas Tomadas a las Edificaciones.....	14
Imagen 2.5: Ángulos en las Tomas Fotográficas.....	15
Imagen 3.1: Iniciando el proyecto fuente, autor.....	18
Imagen 3.2: Reconocimiento automático de las fotografías por el software.....	18
Imagen 3.3: Comando Select Items Mode.....	19
Imagen 3.4: Comando Referencing Mode.....	19
Imagen 3.5: Comando Process.....	19
Imagen 3.6: Comando Path Mode.....	20
Imagen 3.7: Comando Photo List.....	20
Imagen 3.8: Comando Visibility on Photos.....	20
Imagen 3.9: Comando Open 3D View.....	21
Imagen 3.10: Comando Scale/Rotate Wizard.....	21
Imagen 3.11: Comando Materials.....	21
Imagen 3.12: Comando Measurements.....	22

Imagen 3.13: Comando Table Windows.....	22
Imagen 3.14: Mostrar las Marcas y Ids de los puntos en las fotos.....	23
Imagen 3.15: Colocación de puntos en Photomodeler.....	24
Imagen 3.16: Error de precisión en el modelo.....	25
Imagen 3.17: Modelo orientado en el espacio.....	25
Imagen 3.18: Tabla de calidad de los puntos.....	26
Imagen 3.19: Mostrar el vector para el residual en los puntos.....	27
Imagen 3.20: Mostrar el punto con mayor residual en la fotografía.....	27
Imagen 3.21: Selección de la unidad de medida en la dimensión.....	28
Imagen 3.22: Definir los ejes en Horizontal y Vertical.....	28
Imagen 3.23: Medidas realizadas con el software Photomodeler.....	29
Imagen 3.24: Creación de material con una foto.....	30
Imagen 3.25: a) Creación de un material con varias fotografías b) Asignación de fotos.....	31
Imagen 3.26: Creación de superficies.....	31
Imagen 3.27: Visualización de las superficies creadas.....	32
Imagen 3.28: Asignación de materiales a las superficies.....	33
Imagen 3.29: Selección de la ortofoto en alta calidad.....	34
Imagen 3.30: Visualización de la ortofoto.....	34
Imagen 3.31: Exportar la ortofoto.....	35
Imagen 3.32: Opciones para la exportación.....	36
Imagen 3.33: Resultado final de la Fotogrametría.....	36
Imagen 4.1: Comando Select.....	38
Imagen 4.2: Comando Line.....	39

Imagen 4.3: Comando Rectangle.....	39
Imagen 4.4: Comando Circle.....	39
Imagen 4.5: Comando Arc.....	39
Imagen 4.6: Comando Make Component.....	39
Imagen 4.7: Comando Eraser.....	40
Imagen 4.8: Comando Tape Measure Tool.....	40
Imagen 4.9: Comando Paint Bucket.....	40
Imagen 4.10: Comando Push/Pull.....	40
Imagen 4.11: Comando Move.....	40
Imagen 4.12: Comando Rotate.....	40
Imagen 4.13: Comando Offset.....	41
Imagen 4.14: Comando Orbit.....	41
Imagen 4.15: Comando Pan.....	41
Imagen 4.16: Comando Zoom.....	41
Imagen 4.17: Comando Add Location.....	41
Imagen 4.18: Comando Get Models.....	41
Imagen 4.19: Comando Preview Model in Google Earth.....	42
Imagen 4.20: Comando Share Model.....	42
Imagen 4.21: Comando AR Plugin (Pro).....	42
Imagen 4.22: Importar las ortofotos.....	43
Imagen 4.23: Ortofoto sobre los ejes en 90°	43
Imagen 4.24: Forma 3D de la edificación.....	44
Imagen 4.25: Unión de las ortofotos.....	45

Imagen 4.26: Crear un nuevo material de textura.....	47
Imagen 4.27: Resultado final con formas y texturas en 3D.....	48
Imagen 4.28: Añadir la localización al modelo.....	49
Imagen 4.29: Posicionamiento del modelo en el mapa.....	50
Imagen 4.30: Registro con la cuenta de gmail.....	51
Imagen 4.31: Mensaje para cambiar las texturas.....	51
Imagen 4.32: Ingreso de datos del modelo y cargado al almacén.....	52
Imagen 4.33: Visualización de modelo en Google Earth.....	53
Imagen 4.34: Link de descarga del Plugin.....	55
Imagen 4.35: Interfaz principal del ARmedia.....	56
Imagen 4.36: Marcadores disponibles.....	57
Imagen 4.37: Configuración de una escena.....	58
Imagen 4.38: Acciones con el ARmedia.....	58
Imagen 4.39: Ruta para la Configuración del ARPlugin.....	59
Imagen 4.40: Configuración del ARPlugin.....	61
Imagen 4.41: Configuración para exportación a dispositivos móviles.....	61

RESUMEN

Edificaciones importantes con historia y valor arquitectónico, requieren un registro que detalle gráficamente y con un alto grado de precisión sus características físicas, con la finalidad de disponer de información que ayuden a la gestión de estos bienes, para lo cual se utiliza la técnica de la Fotogrametría.

En caso de estudio del presente trabajo, se desarrolla un modelo virtual en tres dimensiones de algunos de los edificios de la Universidad del Azuay, utilizando la fotogrametría, con ello se registran su detalles, dimensiones y posición en el espacio, a través de un relevamiento y ajuste geométrico de varias fotografías intersectadas, permitiendo con ello conocer virtualmente las instalaciones de la Universidad sin necesidad de visitarla y alcanzar mayores desarrollos en la aplicación de ésta técnica en el grupo de investigación de la Línea Geomática y Territorio de la Universidad.

ABSTRACT

Important buildings with history and architectural value require a graphically detailed record including a high degree of accuracy in their physical characteristics so as to have information to help manage these assets. In order to obtain this, the photogrammetry technique is used.

As a study case for this work, a virtual model of some of the buildings of Universidad del Azuay is developed using three-dimensions photogrammetry. As a result its details, dimensions and position in space are recorded through a photographic report and bundle adjustment of several intersected photographs. In this manner it was possible to virtually see the facilities of the University without having to visit them, and also achieve major developments by the application of this technique in the Geomatic and Territory research group of the University.




Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

INTRODUCCIÓN

Debido al avance tecnológico y la necesidad de las personas de tener a su alcance información geográfica de un lugar en particular, es imprescindible que se cuente con herramientas, software y material teórico con la finalidad de obtener un mayor entendimiento del tema.

En la actualidad se pueden realizar modelamientos a escala de cualquier objeto, en este proyecto se utilizará la técnica de la fotogrametría en la que se generarán los modelos en tres dimensiones. Esta técnica ha tomado gran importancia para el modelamiento tridimensional (3D), debido a que se ha convertido en una de las principales formas de incorporar información a un mapa o a un sistema SIG (Sistema de Información Geográfica), ya que su precisión es muy buena, es una herramienta con bajo coste y con gran velocidad de ejecución.

Mediante este proceso podemos registrar la situación real de las edificaciones de la Universidad del Azuay, guardando todo en una base de datos desde la cual se podrá utilizarlo para posteriores estudios, ya sea de recuperación, remodelación, guía virtual para estudiantes futuros y actuales.

El objetivo de este trabajo es levantar fotogramétricamente las fachadas de las edificaciones de la Universidad del Azuay por medio del uso de procedimientos, hardware y software especializado para aportar al conocimiento local de la técnica y dotar de modelos tridimensionales publicados a escala, para el uso y conocimiento de los encargados de la gestión de construcciones de la Universidad y del público en general.

Para el desarrollo de esta propuesta se utilizará el software “Photomodeler”, en el cual introducimos las fotografías para la aplicación de la técnica de la fotogrametría, generando una nube de puntos sobre las fachadas de las edificaciones, corrigiendo los errores en dichos puntos, orientando las fotografías, referenciar, restitución y cálculo del modelo; extrayendo las texturas de las fachadas para luego utilizar el software “Google Sketchup”, donde se generará los modelos en 3D georreferenciados, el mismo que interactúa con el servidor de Google Earth, permitiendo que los modelos de la Universidad del Azuay estén publicados en la web para su uso.

El presente documento está desarrollado en varias secciones: la primera correspondiente a un marco teórico, la segunda que se refiera al levantamiento de la información, en la tercera el procesamiento de dicha información y una última sección en donde se presenta el desarrollo de los productos, al final se proponen conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

Marco Teórico

Introducción

En este capítulo incluiremos conceptos básicos, elementales y gráficos ilustrativos que se ha recopilado mediante todo el desarrollo del proyecto: como el significado de palabras claves para obtener un entendimiento claro al momento de explicar la técnica de la fotogrametría y el modelado en tres dimensiones con los diferentes software utilizados, los cuales se explicarán para que sirve y que se puede realizar con cada uno de ellos.

1.1 Fotogrametría

La fotogrametría es una técnica que permite realizar mediciones e interpretaciones confiables por medio de las fotografías, para de esta manera obtener características métricas y geométricas (dimensión, forma y posición), del objeto fotografiado. Esta definición es en esencia, la adoptada por la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS) (Ochoa, 2013). La palabra fotogrametría se deriva del vocablo “fotograma” (“phos” , ”photós”, luz y “gramma”, trazado, dibujo), como algo listo, disponible (una foto), y “metrón”, medir; por lo que resulta que el concepto de fotogrametría es: “medir sobre fotos” (Wales, 2013).



Imagen 1.1: Toma Fotográfica Aérea

1.2 Fotogrametría Arquitectural

Fotogrametría arquitectural es la técnica mediante la cual se obtiene material gráfico (planos, imágenes, modelos tridimensionales) que representan con detalle las fachadas de edificaciones, monumentos y obras arquitectónicas. Con esta técnica es posible registrar la situación real de los objetos y guardarla en bases de datos para su uso posterior; es así como por medio de material fotográfico de alta calidad y resolución, es posible crear un relevamiento gráfico de su estado actual, facilitando posteriores tareas de remodelación, recuperación y rescate dirigidas a su conservación, al aprovechamiento cultural, histórico y turístico. (Ochoa, 2013)



Imagen 1.2: Fotogrametría Arquitectural

1.2.1 El Software Photomodeler

Photomodeler es un software de reconstrucción 3D a partir de fotografías de un objeto o edificio. Se basa en el modelo de malla de polígonos, por el cual se designan puntos manualmente en las fotografías (normalmente vértices), y el programa calcula el punto de vista de cada fotografía y sitúa el objeto en un espacio de tres dimensiones

virtual mediante triangulación. El programa es capaz de orientar las fotografías, crear puntos, rectas y planos y extraer texturas de las fotografías. El resultado se puede exportar después a otros programas como AutoCAD, ImageModel, Rhino, Google SketchUp, etc. (Wales, Wikipedia, 2013)

Para descargar este software accedemos al siguiente link:

http://www.photomodeler.com/downloads/download_info.htm

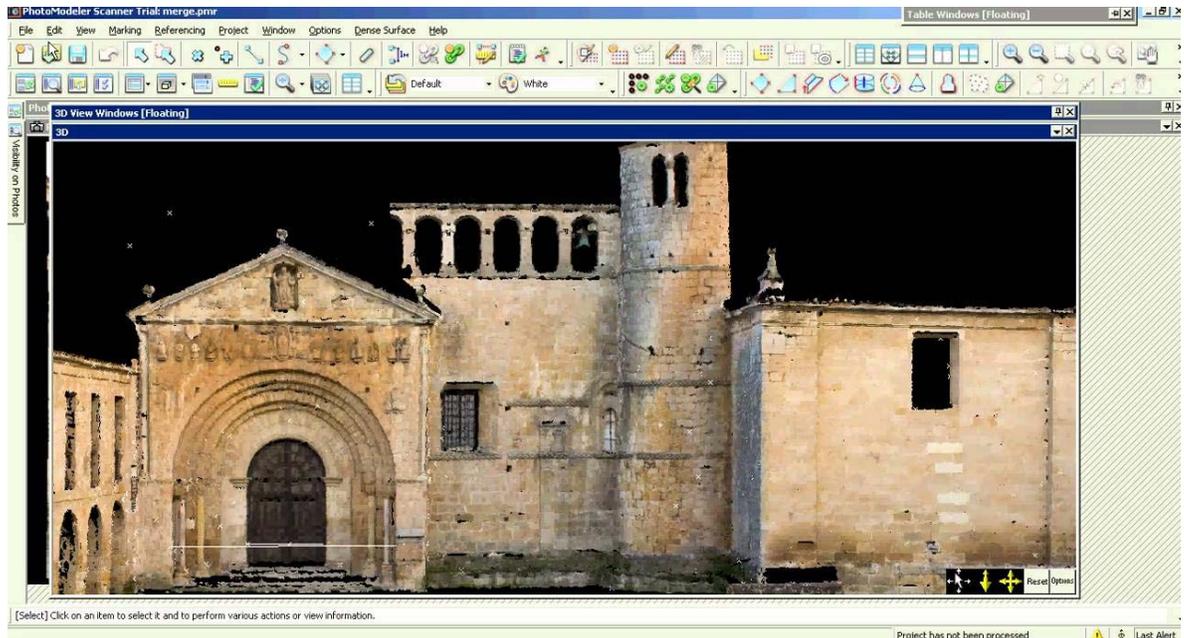


Imagen 1.3: Software Photomodeler

1.2.1.1 Orientación en el Espacio

Corregidos los puntos y reducidos al mínimo de error permitido las fotografías se orientan, es decir se direccionan o posicionan respecto a un punto cardinal.

1.2.1.2 Restitución Fotogramétrica

La restitución fotogramétrica es el conjunto de operaciones necesarias para transformar el espacio proyectivo cónico generado por las fotografías tomadas desde diferentes ángulos a un espacio de proyección ortogonal o de planos acotados.

1.2.1.3 Ortorrectificación

Comprende todo el proceso necesario para obtener fotografías de alta precisión, de la misma escala, libre de errores y deformaciones en toda la extensión de la imagen, a estas fotografías se las denomina ortofotos.

1.3 Escala

Escala es la relación matemática que existe entre las dimensiones reales y las del dibujo que representa la realidad sobre un plano o un mapa. (Wales, Wikipedia, 2013)

1.3.1 Representación

Las escalas se escriben en forma de fracción donde el numerador indica el valor del plano y el denominador el valor de la realidad. Por ejemplo la escala 1:500, significa que 1 cm. del plano equivale a 500 cm. en la realidad.

Si lo que se desea medir del dibujo es una superficie, habrá que tener en cuenta la relación de áreas de figuras semejantes, por ejemplo un cuadrado de 1cm de lado en el dibujo estará representado un cuadrado de 50.000 cm. de lado en la realidad, lo que es una superficie de $50.000 \times 50.000 \text{ cm}^2$.

Cuanto mayor es la escala, más se aproxima al tamaño real de los elementos de la superficie terrestre. Los mapas a pequeña escala generalmente representan grandes porciones de la Tierra y, por tanto, son menos detallados que los mapas realizados con escalas más grandes.

1.3.2 Tipos de Escala

Existen tres tipos de escala:

- Escala natural.- Es cuando el tamaño físico de la pieza representada en el plano coincide con la realidad. Escala 1:1
- Escala de reducción.- Se utiliza cuando el tamaño físico del plano es menor que la realidad. Esta escala se utiliza mucho para representar planos de viviendas

(E.1:50), o mapas físicos de territorios donde la reducción es mucho mayor y pueden ser escalas del orden de E.1:50.000 o E.1:100000. Para conocer el valor real de una dimensión hay que multiplicar la medida del plano por el valor del denominador.

- Escala de ampliación.- Cuando hay que hacer el plano de piezas muy pequeñas o de detalles de un plano se utilizan la escala de ampliación en este caso el valor del numerador es más alto que el valor del denominador. Ejemplos de escalas de ampliación son: E.2:1 o E.10:1.

1.3.3 Escala Gráfica, Numérica y Unidad por Unidad

- La escala numérica representa una relación entre el valor de la realidad (el número a la izquierda del ":") y el valor de la representación (el valor a la derecha del símbolo ":"). Un ejemplo de ello sería 1:100.000, lo que indica que 1 unidad representa 100.000 de las mismas unidades (cm, m, km, entre otras).
- La escala unidad por unidad es la igualdad expresa de dos longitudes: la del mapa (a la izquierda del signo "=") y la de la realidad (a la derecha del signo "="). Un ejemplo de ello sería 1 cm = 4 km; 2cm = 500 m, etc.
- Finalmente la escala gráfica es la representación dibujada de la escala unidad por unidad, donde cada segmento muestra la relación entre la longitud de la representación y el de la realidad. Un ejemplo es:

0 _____ 10 km

1.3.4 Normalización de Escalas

Según la norma UNE en ISO 5455:1996. "Dibujos técnicos. Escalas" se recomienda utilizar las siguientes escalas normalizadas:

- Escalas de ampliación: 50:1, 20:1, 10:1, 5:1, 2:1
- Escala natural: 1:1
- Escalas de reducción: 1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50, 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:20000

1.4 El software Google Sketchup

Google Sketchup es un programa informático de diseño y modelaje en tres dimensiones para entornos en Sistemas de Información Geográfica, arquitectónicos, ingeniería civil, diseño industrial, videojuegos o películas. Es un programa desarrollado y publicado por Google. (Cera, 2013)

Para descargar este software accedemos al siguiente link:

<http://www.sketchup.com/es/download?sketchup=pro>

En este software se puede integrar un Plugin llamado “Armedia”, con el que se realizará Realidad Aumentada para visualizar los modelos desde una Pc/Mac o dispositivos móviles con (iOS/Android).

Para descargar este software accedemos al siguiente link:

<http://www.inglobetechnologies.com/en/products.php>

Mediante Google Sketchup podemos subir todos los modelos listos y georreferenciados al almacén de Google, desde el cual se podrán descargar, visualizar en Google Earth las edificaciones de la Universidad del Azuay.

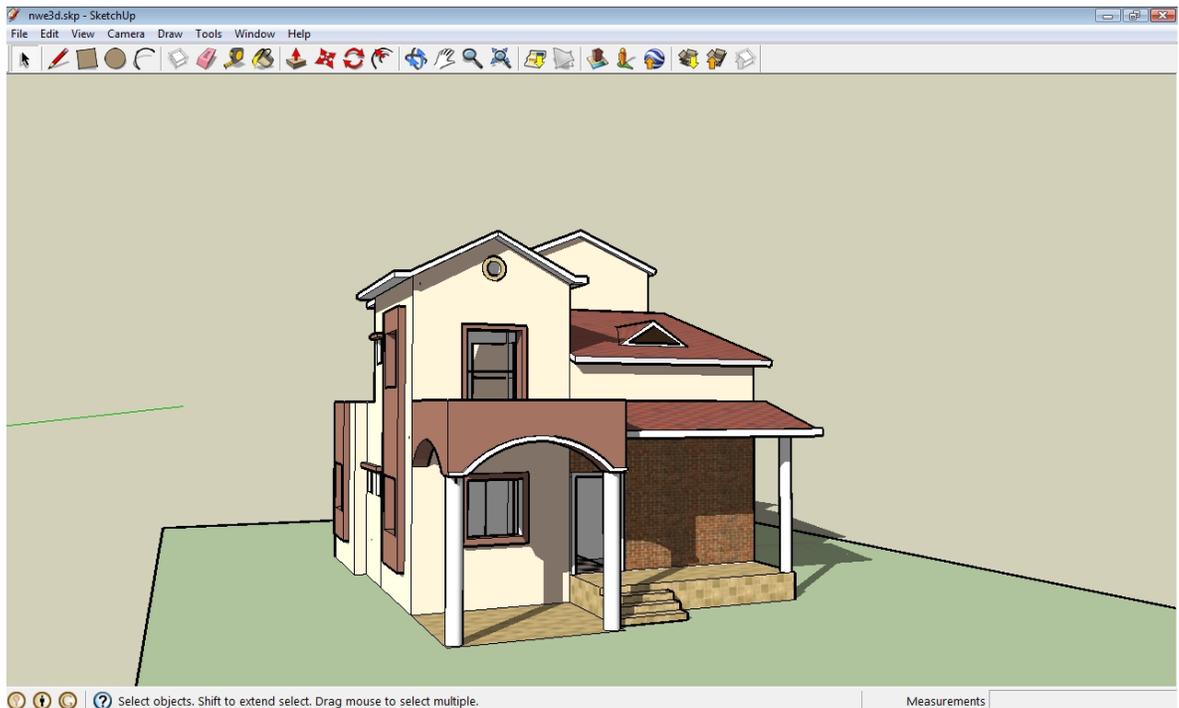


Imagen 1.4: Software Google Sketchup

1.5 El Software Google Earth

Google Earth es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital. El programa fue creado bajo el nombre de EarthViewer 3D por la compañía Keyhole Inc, financiada por la Agencia Central de Inteligencia. La compañía fue comprada por Google en 2004 absorbiendo el programa. El mapa de Google Earth está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por Imagen satelital, fotografía aérea, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo y modelos creados por ordenador. El programa está disponible en varias licencias, pero la versión gratuita es la más popular, disponible para móviles, tablets y PC's.

La primera versión de Google Earth fue lanzada en 2005 y actualmente está disponible en PC's para Windows, Mac y Linux. Google Earth también está disponible como plugin para visualizarse desde el navegador web. En 2013 Google Earth se había convertido en el programa más popular para visualizar cartografía, con más de mil millones de descargas.

Muchos usuarios utilizan la aplicación para añadir sus propios datos, haciéndolos disponibles mediante varias fuentes, tales como el Bulletin Board Systems o blogs. Google Earth es capaz de mostrar diferentes capas de imagen encima de la base y es también un cliente válido para un Web Map Service. Google Earth soporta datos geoespaciales tridimensionales mediante los archivos Keyhole Markup Language o .kml. (Wales, Wikipedia, 2013)

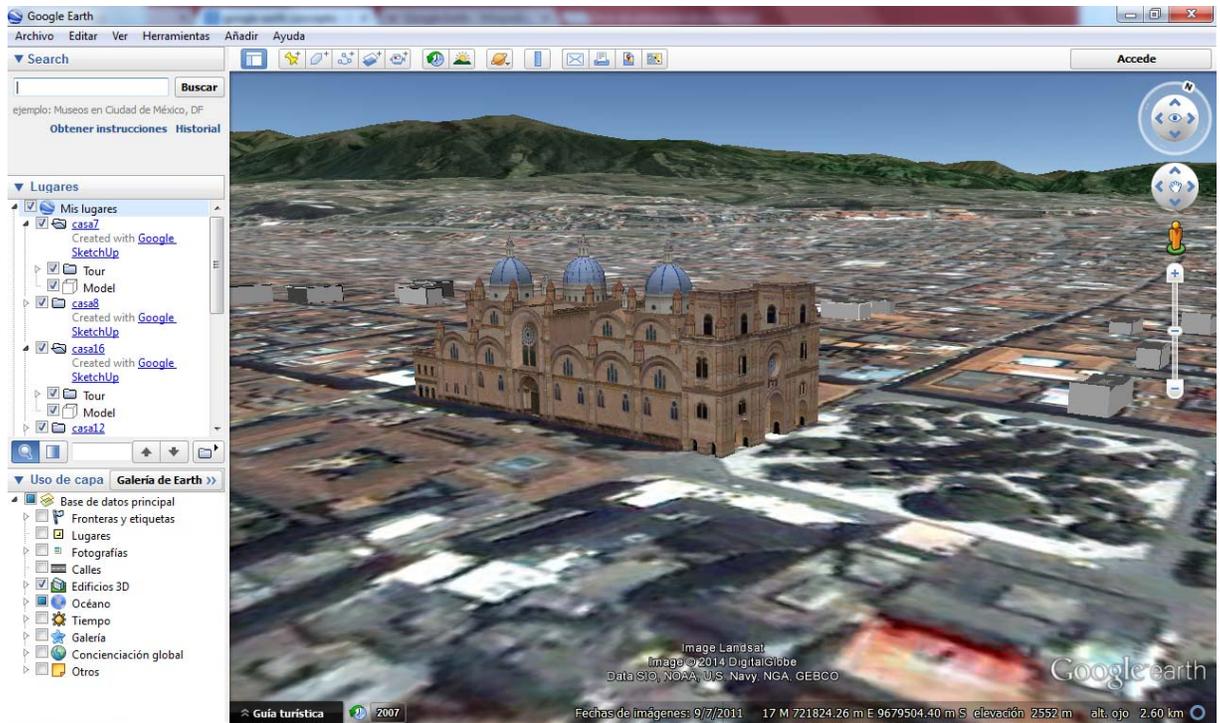


Imagen 1.5: Software Google Earth

1.6 Conclusiones

- Es necesario conocer para que sirve y cómo se maneja el software que se va a utilizar para la realización de este proyecto, así de esta manera se facilitaría su uso.
- Al utilizar la técnica de la fotogrametría nos brindará la seguridad de que el resultado obtenido al final del proyecto sea confiable, ya que a partir de fotografías se tendrá la dimensión, forma y posición exacta de cada edificación.

CAPITULO II

Reconocimiento del Espacio Físico y Levantamiento de Información

Introducción

Esta sección abarca todo lo realizado en el estudio de campo en donde como primer aspecto se realiza un estudio de la superficie, como segundo un análisis general de las dimensiones y como tercero el relevamiento fotográfico, a partir de esto se tendrá toda la información necesaria para el levantamiento fotogramétrico de las edificaciones de la Universidad del Azuay.

2.1 Estudio de la Superficie

2.1.1 Materiales Utilizados

Para realizar el reconocimiento del espacio físico y poder levantar información de las edificaciones primero se debe contar con los implementos necesarios para el proceso, a citar:

- Cámara fotográfica de alta resolución, la cual debemos configurarla de la siguiente manera:
 - 18 mm, es la distancia que existe entre el centro del lente y el sensor, mientras menor sea esta distancia , será mayor el ángulo de visión, dado que las edificaciones de la Universidad del Azuay son muy grandes, se utilizará con el mínimo milimetraje para obtener fotografías con la mayor amplitud posible.
 - ISO 100, que define la sensibilidad o velocidad de la fotografía, mientras menor sea el valor de ISO, tendrá una menor sensibilidad de película fotográfica, pero una mayor definición, razón por la cual usamos la 100.
 - F8 hasta F11, es la distancia focal, es decir, la velocidad promedio con la que se tomarán las fotografías; este valor varía de acuerdo a

la intensidad de luz que exista al momento de captar las fotos, con la configuración ISO 100, en un día normal de luz, se tomará con F8, con una velocidad promedio de 1/100 de segundos.



Imagen 2.1: Cámara Fotográfica

- Trípode, es importante utilizar este implemento para las tomas fotográficas, de esta manera evitamos cualquier tipo de movimiento que pudiera interferir con la calidad y nitidez de las fotos, también ayuda a acomodarnos en cualquier tipo de superficie irregular dejando a nivel con la edificación, debido a que se puede regular cada una de sus patas acorde a la necesidad.



Imagen 2.2: Trípode

- Flexómetro, material utilizado para obtener la información métrica de las edificaciones, midiendo cada una de ellas con la finalidad de obtener un resultado a escala.



Imagen 2.3: Flexómetro

2.1.2 Análisis de Campo

Como primer aspecto dentro del reconocimiento de campo se estudia y analiza la superficie en donde se encuentran situadas las edificaciones (campus universitario), en donde se debe observar si el terreno cuenta con irregularidades en las pueda interferir con las tomas fotográficas, posibles objetos que obstruya la trayectoria del lente de la cámara con la edificación, una vez analizado todos estos aspectos dentro del estudio de la superficie se decide desde donde o que superficies son las más aptas para realizar la toma de fotografías a fin de que tengamos un resultado satisfactorio una vez terminado con este proceso.

2.2 Análisis General de Dimensiones

2.2.1 Medida de las Dimensiones de las Fachadas

En este análisis se procede a medir con el flexómetro todas las fachadas de las edificaciones que son objeto de estudio, tomando como primera medida la distancia total de una de las fachadas, es decir la distancia que existe entre el vértice del ángulo inferior izquierdo y el vértice del ángulo inferior derecho de la edificación, y como medidas de referencia debemos analizar que otro objeto existente en esa fachada podemos medir, por ejemplo: una puerta o una ventana; estas medidas más pequeñas nos servirán para comprobar después ya en la fotografía ortorrectificada si la escala está correctamente realizada, esto lo verificamos ya en el software, en el cual se ingresa solo la distancia total, y si medimos en el programa el mismo objeto que utilizamos como medida de

referencia en el análisis general de dimensiones de campo, este deberá medir exactamente igual.

El siguiente gráfico nos muestra la distancia total, el punto 1 y el punto 2 corresponde a la distancia que debe ser medida, tomando como ejemplo el Auditorio de la Universidad del Azuay



Imagen 2.4: Medidas Tomadas a las Edificaciones

2.3 Relevamiento Fotográfico

2.3.1 Toma de Fotografías

Una vez seleccionada la edificación ya tomadas las medidas respectivas, se procede a la toma de fotografías, se elige una distancia prudencial desde donde se realizará las tomas, como previamente ya hicimos el análisis de campo, buscamos el mejor lugar para situar el trípode, el cual se lo debe acomodar según la regularidad del terreno, luego se calibra la cámara colocando la distancia focal en 18mm para obtener un mayor ángulo de visión, permitimos que la cámara automáticamente realice un enfoque hacia la edificación, después la cambiamos a modo manual que es en el vamos a tomar las fotografías.

Para la toma fotográfica primero fijamos un centro en la fachada, que sería nuestro punto de referencia para todas las fotos, las mismas que deben ser tomadas primero desde el centro de la edificación que sería la foto más distante, luego se realizan tomas sucesivas hacia la derecha e izquierda partiendo desde el centro formando un arco hacia la edificación, debe ser la misma cantidad de fotos tanto de la derecha como de la izquierda, formando entre cada una de ellas un ángulo cercano a 90 grados.

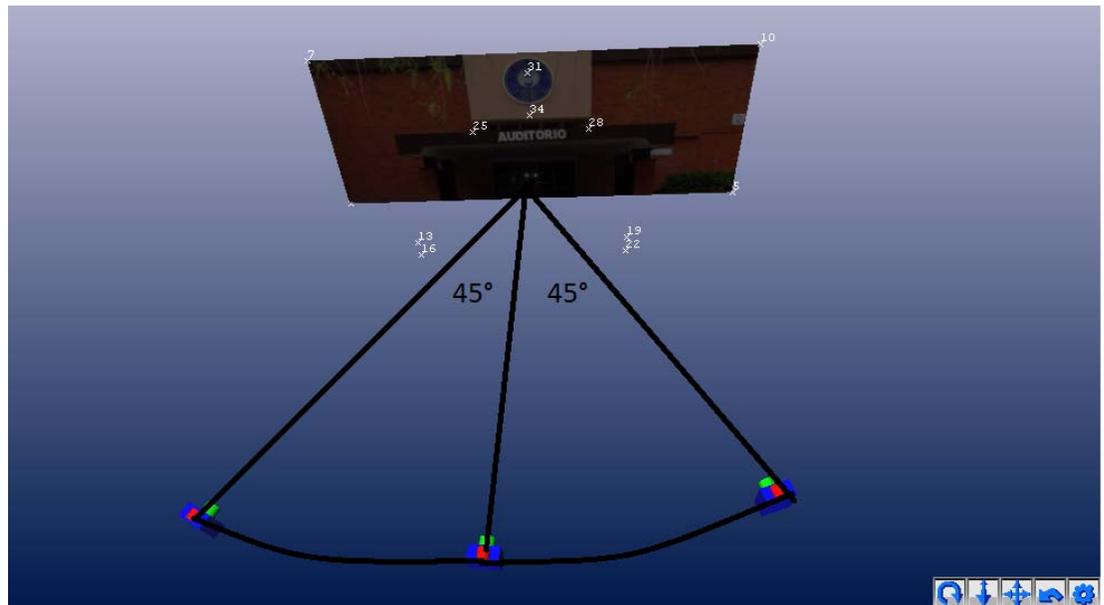


Imagen 2.5: Ángulos en las Tomas Fotográficas

2.4 Conclusiones

Para la toma de fotografías con un resultado de mayor calidad, se debe tomar en consideración los siguientes aspectos:

- Las fotografías deben ser tomadas en un día nublado, donde no exista exposición directa del sol, porque genera sombra que entorpecerá el trabajo posterior para la digitalización.
- Preferentemente las tomas fotográficas se las debe realizar durante las primeras horas del día antes de que salga el sol por completo u horas antes al anochecer, siempre y cuando no exista sol.

- Se debe escoger un día de la semana en el que no exista mucha interferencia de objetos al momento de las tomas fotográficas, a decir: vehículos, gente, etc, preferentemente domingo, ya que es un día de descanso reduciendo bastante una probabilidad de interferencia.
- Tomar la mayor cantidad de fotografías de cada edificación (al menos 10), de esta manera se podrá escoger las fotos de mayor calidad, reduciendo el riesgo de realizar una nueva sesión de tomas fotográficas de la misma fachada.
- Al momento de la toma de fotografías se debe tener en cuenta que cada punto de referencia sobre las fachadas debe estar en al menos dos fotografías para que el software no rechace ese punto que podría resultar importante para la orientación de las fotografías.

CAPITULO III

Procesamiento de la Información

Introducción

En este capítulo se desarrolla toda la parte técnica del levantamiento fotogramétrico, en el cual se detalla cómo se recopilan los datos, el análisis de los datos, procesamiento de datos, modelado de edificaciones y por último la corrección de errores, obteniendo como resultado de todo este proceso fotografías de las fachadas ortorrectificadas, modeladas en tres dimensiones y georreferenciadas, listas para su utilización.

3.1 Recopilación y Sistematización de los Datos

Una vez realizado el reconocimiento del espacio físico y tomadas las fotografías con las respectivas medidas de las fachadas de la Universidad del Azuay, se cataloga la información conforme al edificio con su ubicación y medidas respectivas.

3.1.1 Calibración

Método utilizado para el reconocimiento de las fotografías por parte del software Photomodeler, esta parte es fundamental ya que de ello depende que todas las fotos se las pueda utilizar, para poderlas orientar de forma correcta, sin esta calibración es imposible realizar trabajo alguno con las fotografías tomadas.

3.2 Análisis de Datos

3.2.1 Inserción de las Fotografías

Una vez abierto el programa, seleccionamos la opción de “Standard Project”, que es la opción para ir colocando los puntos sobre las fachadas manualmente de acuerdo a

la necesidad, luego se inserta las fotografías que se hayan considerado idóneas para poderlas orientar, como previamente se realizó la calibración entre la cámara y el software Photomodeler, el programa reconoce las fotografías automáticamente para poderlas usar.

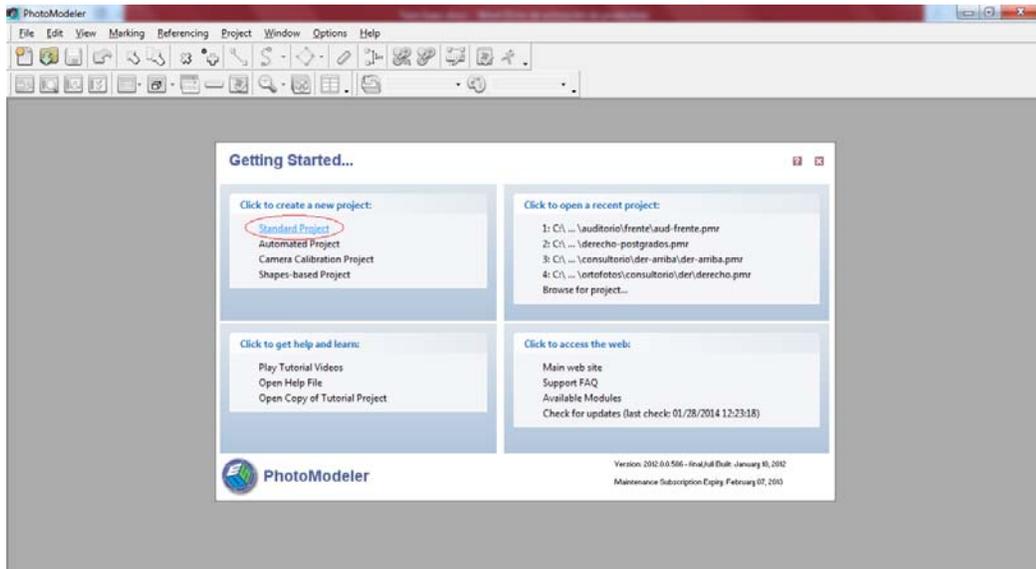


Imagen 3.1: Iniciando el proyecto fuente, autor

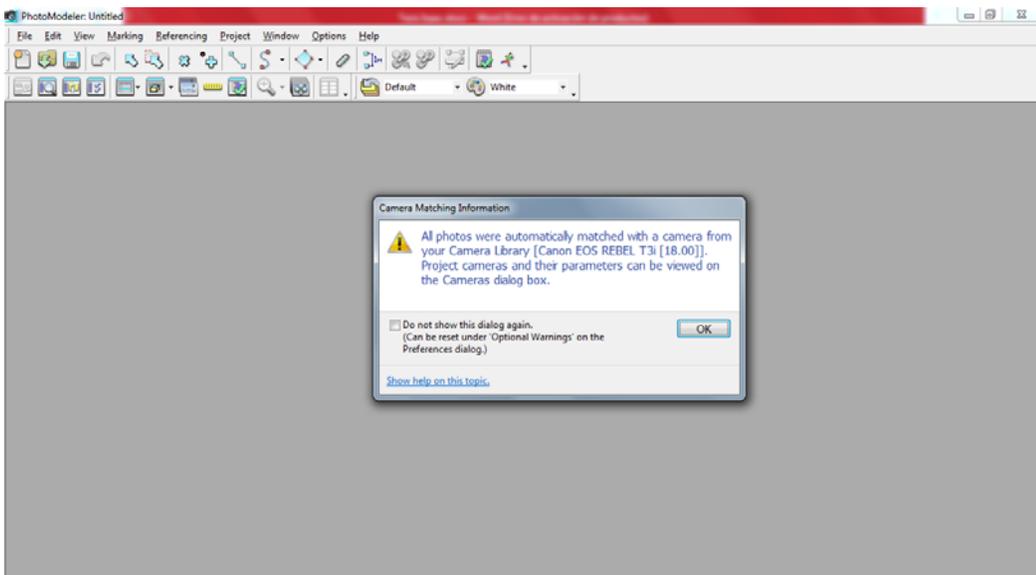


Imagen 3.2: Reconocimiento automático de las fotografías por el software

3.2.2 Comandos Básicos

Antes de comenzar con la nube de puntos y orientar en el espacio las fotografías, es imprescindible conocer los comandos básicos necesarios o teclas de acceso rápido para realizar este proceso, como las más importantes mencionamos a las siguientes:

- **Select Items Mode:** Comando para seleccionar fotos, tablas, vistas en 3D, etc, también es utilizado para poner en reposo el programa, es decir cuando no se quiere seleccionar nada o cuando se desea deshacer otro comando que se esté utilizando, su tecla de acceso rápido es la tecla (I).

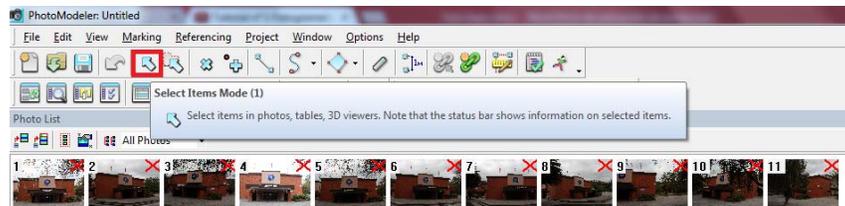


Imagen 3.3: Comando Select Items Mode

- **Referencing Mode:** Se lo utiliza para colocar los puntos sobre las fotografías, teniendo como tecla de acceso rápido, la tecla (R).



Imagen 3.4: Comando Referencing Mode

- **Process:** Sirve para calcular el programa, es decir procesa todos los puntos que se ha introducido en todas las fotografías a partir de los parámetros de la cámara, su tecla de acceso rápido es (F5).

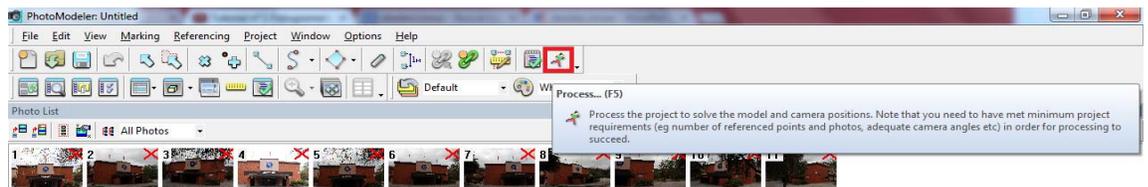


Imagen 3.5: Comando Process

- **Path Mode:** Herramienta utilizada para la creación de las superficies para la foto ortorrectificada.

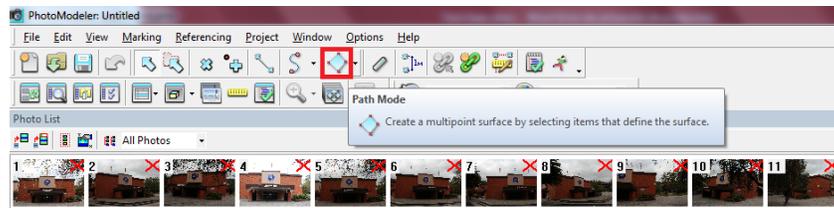


Imagen 3.6: Comando Path Mode

- **Photo List:** Presionado este botón se abre el panel en donde están todas las fotografías cargadas en el programa.

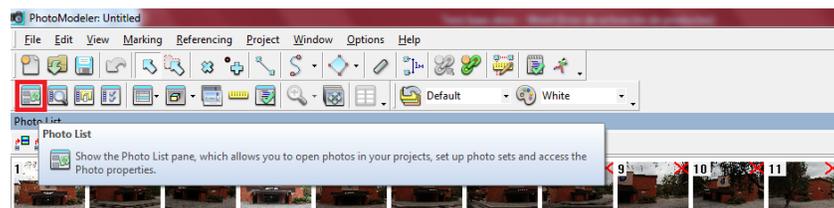


Imagen 3.7: Comando Photo List

- **Visibility on Photos:** Con esta opción se puede seleccionar diferentes aspectos que pueden ser visibles en las fotos, como: las marcas, 3D, Id de cada punto, Tags, Residuales, superficies 3D, etc.

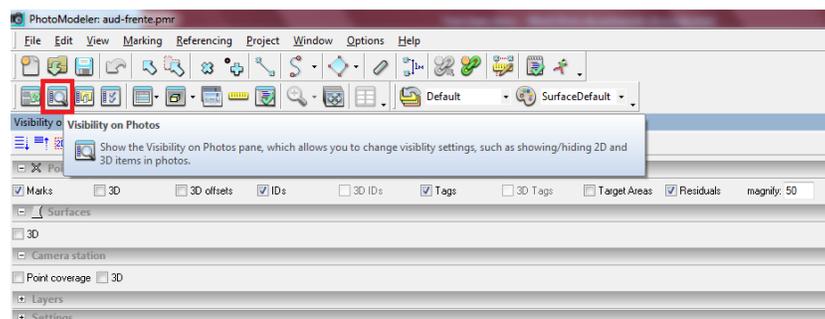


Imagen 3.8: Comando Visibility on Photos

- **Open 3D View:** Visualiza el modelo orientado en el espacio, al presionar este botón se puede configurar que aspectos de desea observar, como: la posición de la ortofoto (derecha, izquierda, frente, etc), el tamaño, la calidad de las

superficies (alta, baja, sombreada, lineal, puntos), entre muchas opciones más, su tecla de acceso rápido en (F7).

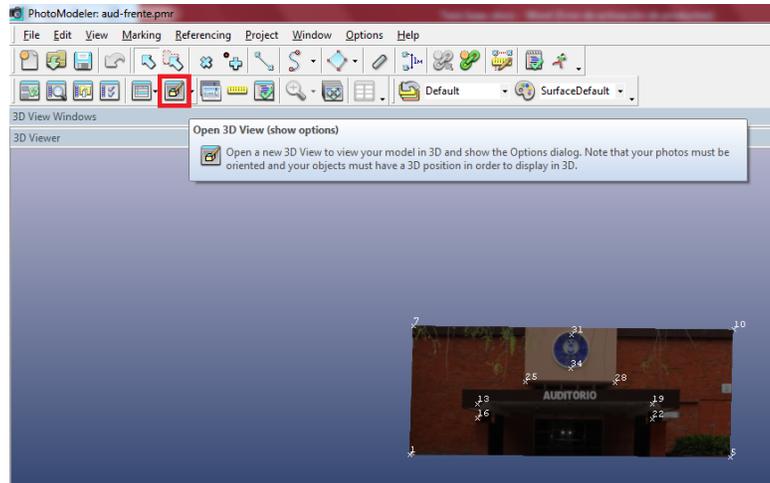


Imagen 3.9: Comando Open 3D View

- **Scale/Rotate Wizard:** Se utiliza para configurar la unidad de medida utilizada en la medición de las edificaciones (metros, yardas, pies, etc), también para definir las coordenadas en X, Y y Z.

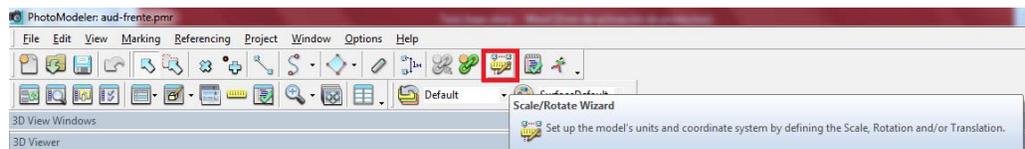


Imagen 3.10: Comando Scale/Rotate Wizard

- **Materials:** Crea las texturas que serán utilizadas en las superficies, las mismas que pueden ser requeridas en forma individual o mezclándolas, para luego ser asignadas a objetos 2D o 3D, su tecla de acceso rápido es (Ctrl + M).

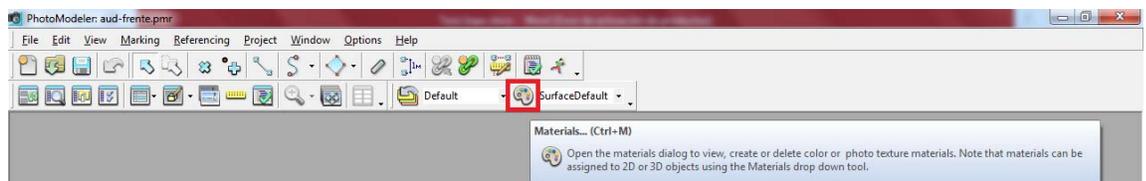


Imagen 3.11: Comando Materials

- **Measurements:** Es la regla del Photomodeler, que sirve para realizar medidas entre dos puntos distantes encontrados en una o más fotografías, permitiendo comprobar si el modelo está escalado correctamente con las medidas de campo realizadas, su tecla de acceso rápido es (M).

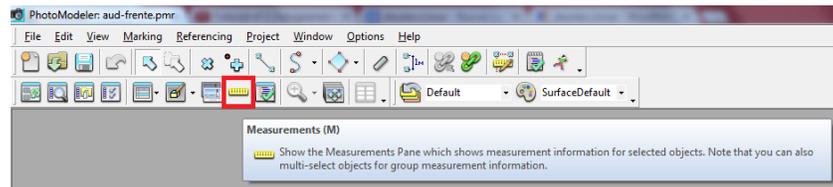


Imagen 3.12: Comando Measurements

- **Table Windows:** Genera, organiza y abre tablas, dentro de la cual la más importante es la tabla “Point table - Quality”, cuya combinación de teclas para acceso rápido es (Shift + 2), nos permite observar que puntos dentro de las fotografías tienen el mayor residual, así de esta manera se puede corregir estos errores con la finalidad de tener una mayor precisión en el modelo.

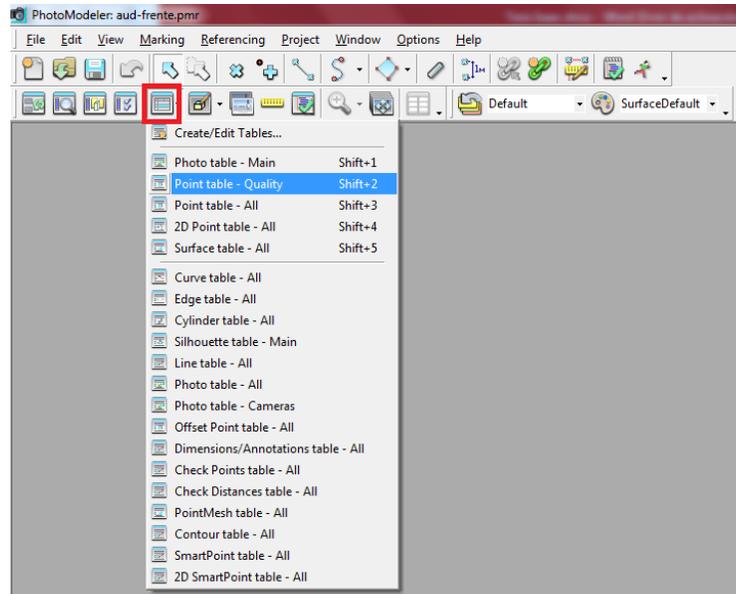


Imagen 3.13: Comando Table Windows

3.2.3 Asignación de Puntos en las Fotografías

Insertadas las fotografías a utilizar, con la herramienta Referencing Mode (R), se procede a colocar puntos sobre toda la superficie de la fachada en la fotografía, teniendo en cuenta que cada punto insertado debe estar en por lo menos dos fotografías y colocados en diferente ángulo en perspectiva de la posición en la cual fue tomada la fotografía para que posteriormente pueda ser orientado en el espacio por el programa.

Es recomendable empezar con la nube de puntos colocándolos en los vértices de la edificación, y luego en cualquier otra parte de la superficie en la que se haga fácil la visualización en la mayor cantidad de fotografías posibles, no es recomendable colocar puntos sucesivamente cercanos entre sí, sino distantes uno del otro, esto no quiere decir que no se puedan colocar puntos cercanos, se lo puede realizar siempre y cuando no se los inserte de manera sucesiva.

Los puntos que han sido marcados en todas las fotografías, convendría tenerlos numerados para mantener una referencia sobre ellos, con lo cual sería más sencillo ver si existe un error en el marcado de puntos, por ejemplo: si un punto en particular tiene por numeración el 7, en resto de fotografías deberá tener el mismo punto con el Id 7; esto lo podemos realizar utilizando la herramienta “Visibility on Photos”, marcando la casilla “IDs”.

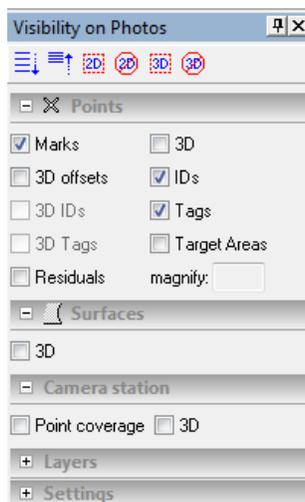


Imagen 3.14: Mostrar las Marcas y Ids de los puntos en las fotos

Para una mayor facilidad al momento de colocar los puntos, podemos presionar la tecla “U”, con la cual se puede realizar un acercamiento de una zona en particular, la

misma que es seleccionada con el ratón, también al mantener presionado la tecla “alt”, esta hace zoom en el lugar en donde esté situado el cursor; todo esto se lo puede realizar con la rueda del ratón pero con estas teclas resulta más rápido el proceso. Con lo cual de esta manera será más sencillo ubicar con mayor precisión el lugar exacto en donde se desee colocar un punto en particular.

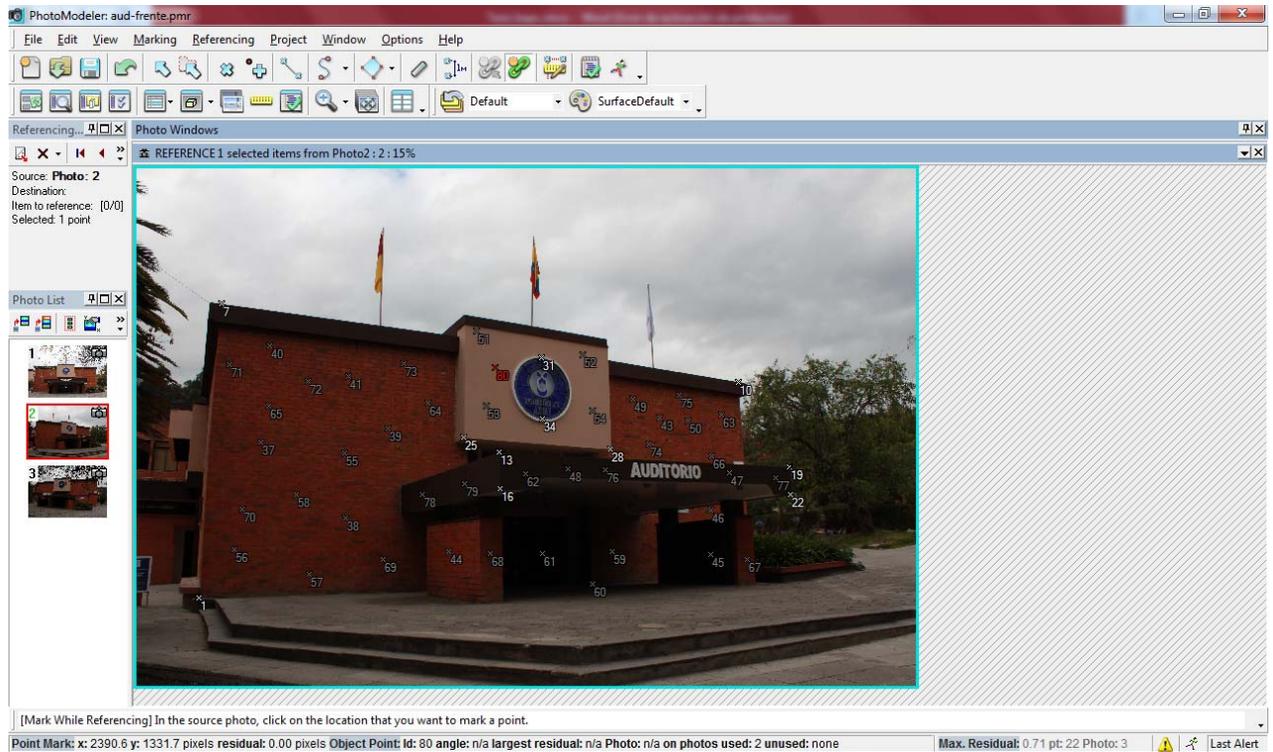


Imagen 3.15: Colocación de puntos en Photomodeler

3.2.4 Orientación de las Fotografías

Una vez colocados correctamente una cantidad considerable y necesaria de puntos sobre toda la superficie de la edificación en la fotografía, el software Photomodeler orienta la nube de puntos en el espacio, es decir se posicionan de acuerdo a los puntos cardinales, para poder lograr esto se presiona la tecla de “Process” (F5), con la cual procesa toda la información (nube de puntos), situándolos en el espacio de manera correcta. Si procesa de manera correcta, aparecerá en pantalla una ventana en la que muestra el promedio del residual, es decir el total de error que tiene la nube de puntos ya orientadas en el espacio, mientras menor sea este valor, existe una mayor

precisión en el modelo, un valor en el error menor a 1 es considerado bueno, pero para una excelente precisión se ha trabajado en este tema con un error de precisión inferior a 0.5

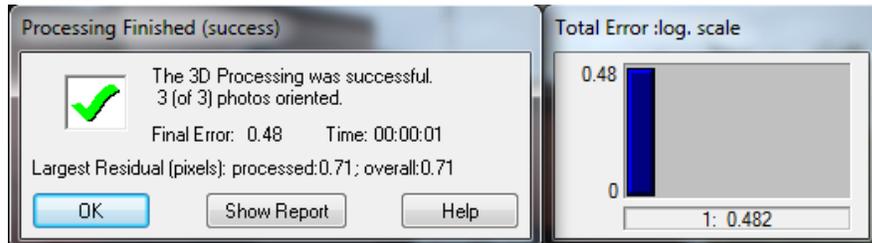


Imagen 3.16: Error de precisión en el modelo

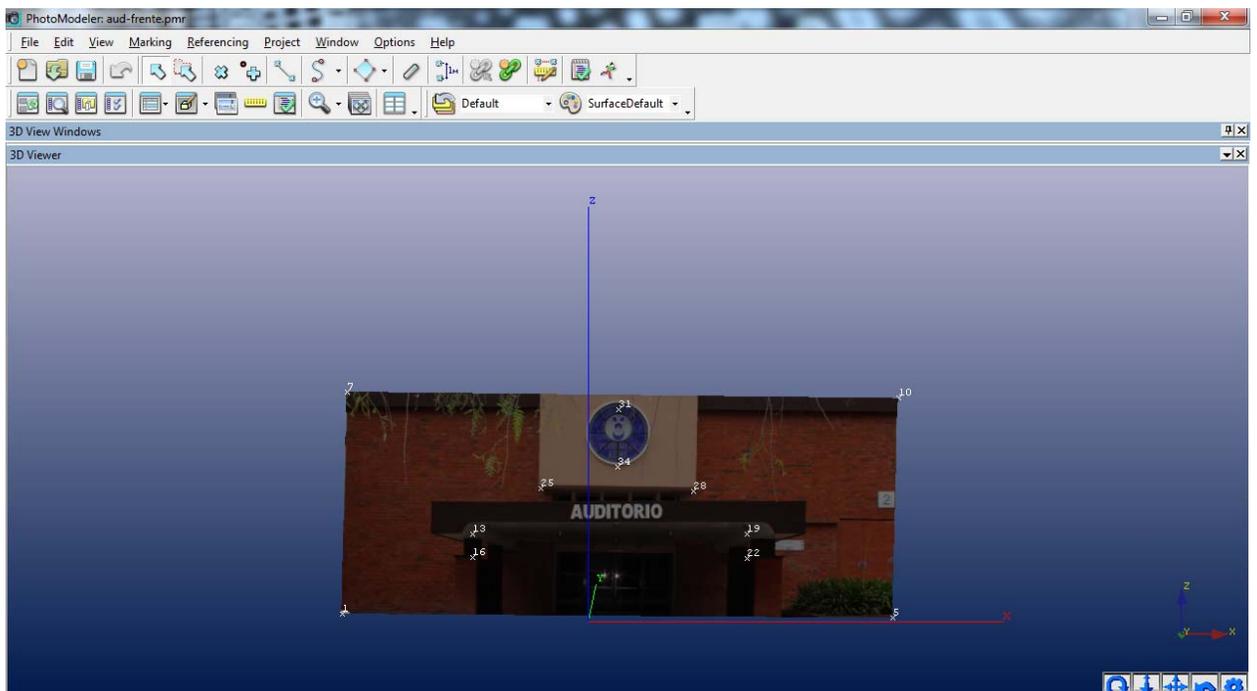
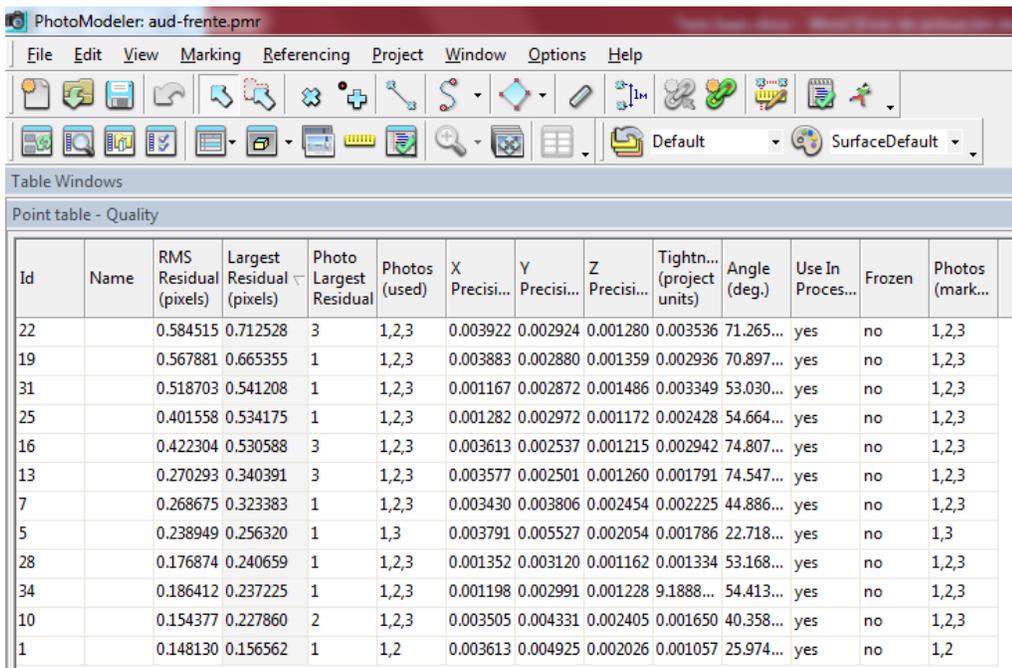


Imagen 3.17: Modelo orientado en el espacio

3.3 Procesamiento de los Datos

3.3.1 Corrección de Errores de Precisión

Procesados los datos por primera vez, empieza la corrección de precisión en cada uno de los puntos colocados en las edificaciones, con la finalidad de obtener un modelo corregido y a escala. Para ello se dirige a la herramienta “Table Windows/Point table Quality” (shift + 2), que despliega una tabla en donde nos indica cuales son los puntos buenos o malos, también detalla algunos aspectos de los puntos insertados, como el Id de los puntos, dos tipos de errores: error cuadrático medio, que es el error del punto en relación de en donde debería estar, y el error en pixeles (Largest Residual), que es en el valor que nos fijamos para corregirlo, el número de foto, etc.



Id	Name	RMS Residual (pixels)	Largest Residual (pixels)	Photo Largest Residual	Photos (used)	X Precisi...	Y Precisi...	Z Precisi...	Tightn... (project units)	Angle (deg.)	Use In Proces...	Frozen	Photos (mark...)
22		0.584515	0.712528	3	1,2,3	0.003922	0.002924	0.001280	0.003536	71.265...	yes	no	1,2,3
19		0.567881	0.665355	1	1,2,3	0.003883	0.002880	0.001359	0.002936	70.897...	yes	no	1,2,3
31		0.518703	0.541208	1	1,2,3	0.001167	0.002872	0.001486	0.003349	53.030...	yes	no	1,2,3
25		0.401558	0.534175	1	1,2,3	0.001282	0.002972	0.001172	0.002428	54.664...	yes	no	1,2,3
16		0.422304	0.530588	3	1,2,3	0.003613	0.002537	0.001215	0.002942	74.807...	yes	no	1,2,3
13		0.270293	0.340391	3	1,2,3	0.003577	0.002501	0.001260	0.001791	74.547...	yes	no	1,2,3
7		0.268675	0.323383	1	1,2,3	0.003430	0.003806	0.002454	0.002225	44.886...	yes	no	1,2,3
5		0.238949	0.256320	1	1,3	0.003791	0.005527	0.002054	0.001786	22.718...	yes	no	1,3
28		0.176874	0.240659	1	1,2,3	0.001352	0.003120	0.001162	0.001334	53.168...	yes	no	1,2,3
34		0.186412	0.237225	1	1,2,3	0.001198	0.002991	0.001228	9.1888...	54.413...	yes	no	1,2,3
10		0.154377	0.227860	2	1,2,3	0.003505	0.004331	0.002405	0.001650	40.358...	yes	no	1,2,3
1		0.148130	0.156562	1	1,2	0.003613	0.004925	0.002026	0.001057	25.974...	yes	no	1,2

Imagen 3.18: Tabla de calidad de los puntos

Identificado el punto con mayor residual se procede a reducir su valor de error, primero se debe visualizar el punto en la fotografía que tiene la mayor cantidad de residual, para ello con la herramienta “Visibility on Photos”, marcar la casilla “Residuals” y en “magnify” se ingresa el valor del tamaño del vector, que es una flecha

que nos indicará la dirección hacia donde se debería mover el punto para reducir su error, en este caso se ha puesto el valor de 50, que es un valor considerable para edificaciones grandes como las de la Universidad del Azuay.

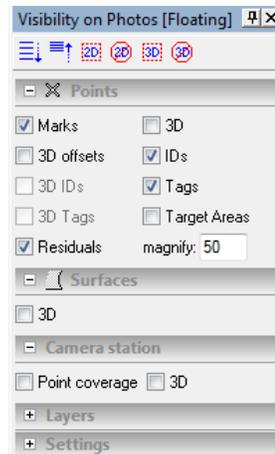


Imagen 3.19: Mostrar el vector para el residual en los puntos

Una vez movido el punto con el mayor error de residual hacia donde indicaba el vector, se procesa la información “Process” (F5), verificamos si el error es inferior a 0.5, si es así se termina la corrección de puntos, caso contrario abrimos nuevamente la Tabla de calidad de puntos, seleccionamos el punto con mayor residual, nos dirigimos a esa foto y corregimos, este proceso será repetitivo hasta que nos de como resultado el valor esperado.

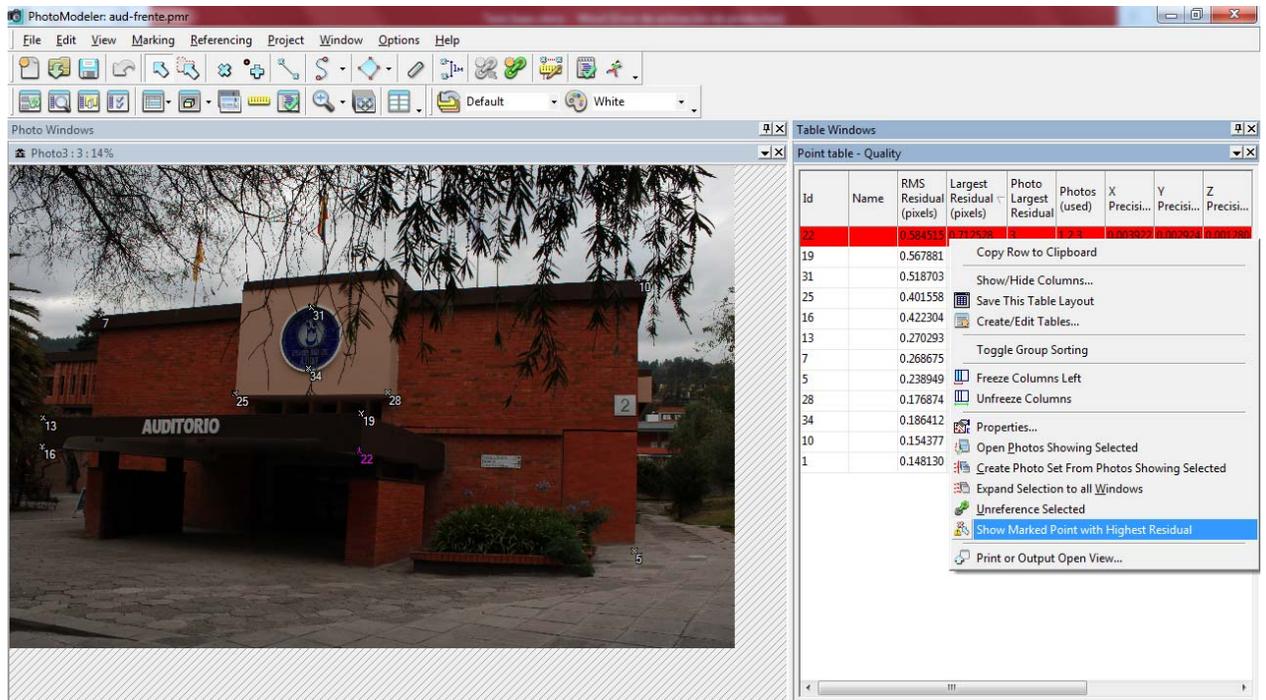


Imagen 3.20: Mostrar el punto con mayor residual en la fotografía

3.3.2 Coordenadas y Asignación de Escala al Modelo

Corregidos los residuales de todos los puntos dejando al menor de error posible, se define las dimensiones en metros y ejes al modelo, poniendo como dimensiones reales la “distancia total” tomadas en el reconocimiento del espacio físico y levantamiento de la información, y como ejes en X (horizontal), se selecciona dos puntos de izquierda a derecha manteniendo presionada la tecla “shift”, fijándose que sea lo las recto posible entre si, de igual manera para el eje Z (vertical), seleccionando dos puntos desde abajo hacia arriba, tomando en cuenta que esté recto. Esta parte es muy importante ya que es de la manera en la que se va a situar en el espacio el modelo de acuerdo a estas coordenadas.

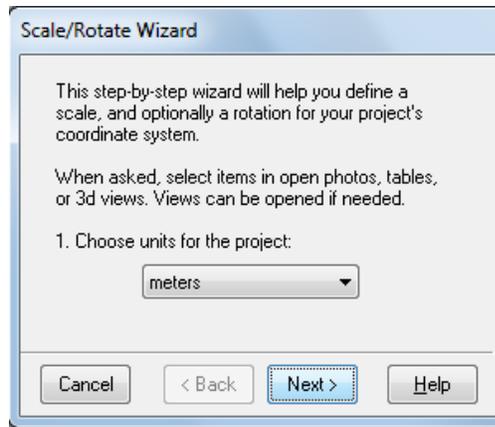


Imagen 3.21: Selección de la unidad de medida en la dimensión

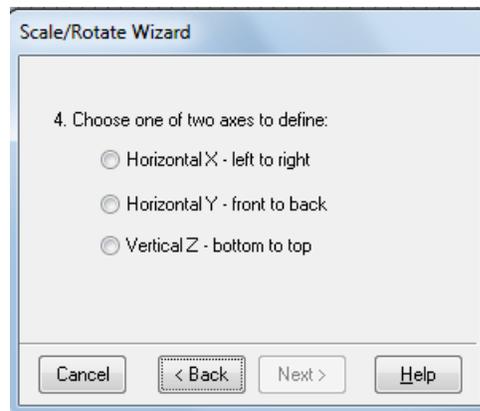


Imagen 3.22: Definir los ejes en Horizontal y Vertical

Dadas sus dimensiones y ejes en el modelo, con la regla del software Photomodeler podemos medir la distancia total que es la medida que hemos ingresado en el programa, y debe dar exactamente igual; en el reconocimiento de campo tomamos otras medidas de referencia que eran superficies menores como puertas o ventanas, con la regla medimos en el software esas dimensiones realizadas con el flexómetro y si está escalado correctamente tanto las dimensiones con el flexómetro como con el software deben coincidir.

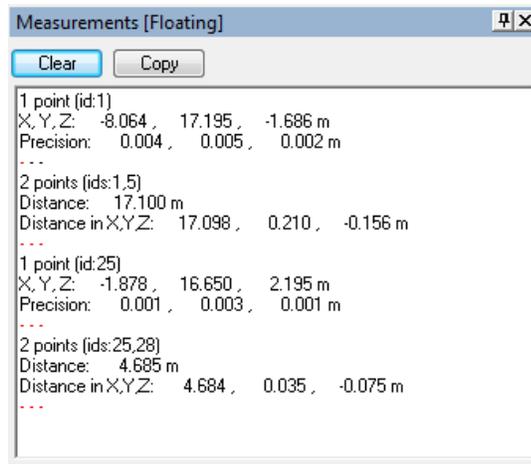


Imagen 3.23: Medidas realizadas con el software Photomodeler

3.4 Creación de las Ortofotos

3.4.1 Creación de Materiales para Superficies

Con las fotografías orientadas correctamente, y una vez que se ha asignado las coordenadas y escala al modelo, se procede a crear los diferentes materiales de las superficies para dar las texturas a las edificaciones; para crear materiales primero se escogen las mejores fotografías para dar la textura, aquellas que hayan sido tomadas de frente a la edificación para evitar irregularidades al momento de unir las, dependiendo del tamaño de la edificación dependerá que tantas fotografías se necesitarán, si es una pequeña, bastará con una sola, facilitando el proceso notoriamente, pero si es una grande, se utilizará varias fotografías para unir las uniéndolas, este proceso es complejo, dependiendo también de otros factores importantes como una buena calibración entre el software y la cámara, que se haya bajado en el mínimo de error posible en la corrección de los puntos y que se haya dado las coordenadas correctas como se especificó anteriormente.

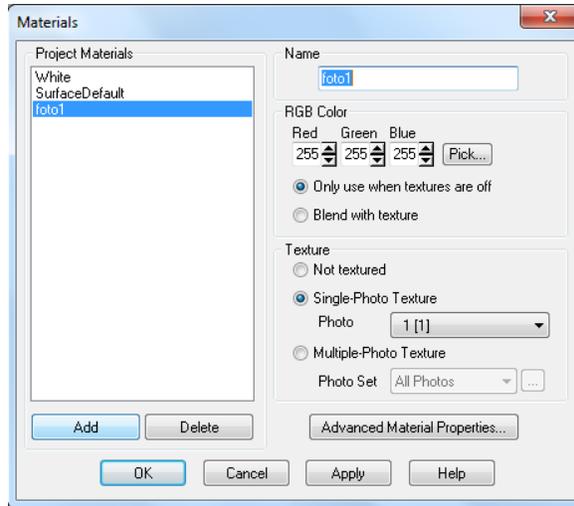


Imagen 3.24: Creación de material con una foto

Al momento de crear un material, en las texturas se le puede asignar ya sea una, o varias fotos en ese mismo material, haciendo que en una sola textura se le asigne varias fotografías, dependiendo de su uso puede resultar de gran utilidad esta opción.

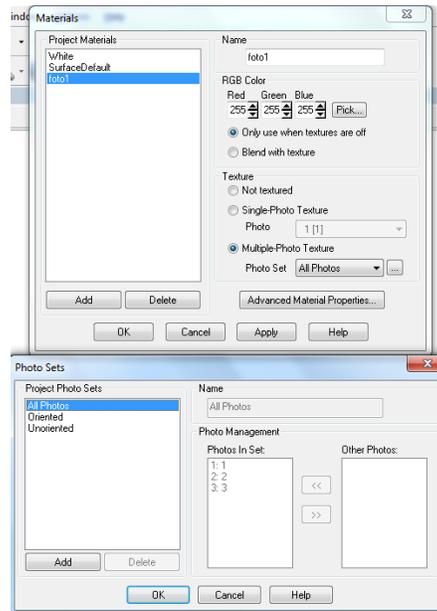


Imagen 3.25: a) Creación de un material con varias fotografías, b) Asignación de fotos

3.4.2 Creación de Superficies

Se define los espacios en donde se van a colocar los materiales creados con las diferentes fotografías, para ello se abren solo las fotografías que se van a utilizar para el proceso, siendo estas las tomadas frontalmente, es decir las que se utilizaron para la creación de los materiales, esto se realiza con la herramienta “Path Mode”, se da click sobre ella y una vez activa esta opción se dirige a la fotografía a utilizar como superficie, dando click sobre los puntos que rodean a la superficie que se desea crear, en sentido de las manecillas del reloj, teniendo como punto de partida el mismo como de llegada, cerrando la superficie, mediante el mismo método se crean las demás superficies sobre las fotografías, teniendo en consideración que las superficies que se deben unir para formar una sola fachada, se lo debe hacer mediante los mismos puntos de sus bordes respectivos.



Imagen 3.26: Creación de superficies

3.4.3 Asignación de Materiales a Superficies

Creados los materiales y las superficies, se asignan para dar una sola textura a la edificación, como primer paso hay que visualizar el modelo para observar si las superficies están correctamente creadas, entrando en la herramienta “Open 3D view” en “mostrar opciones” damos click sobre “Surface Types” que nos da una serie de opciones sobre la calidad de visualización “Display style”, para poder ver si las superficies están correctas seleccionar la opción “Shaded” la cual nos muestra las superficies ya unidas, damos click sobre el pedazo de superficie a la que se le quiere asignar una textura, la cual se va a tornar de color rojo, lo que indica que está seleccionada. Una vez seleccionada se le asigna su textura correspondiente creada en materiales la cual está situada en la barra de menú con la herramienta “SurfaceDefault”.

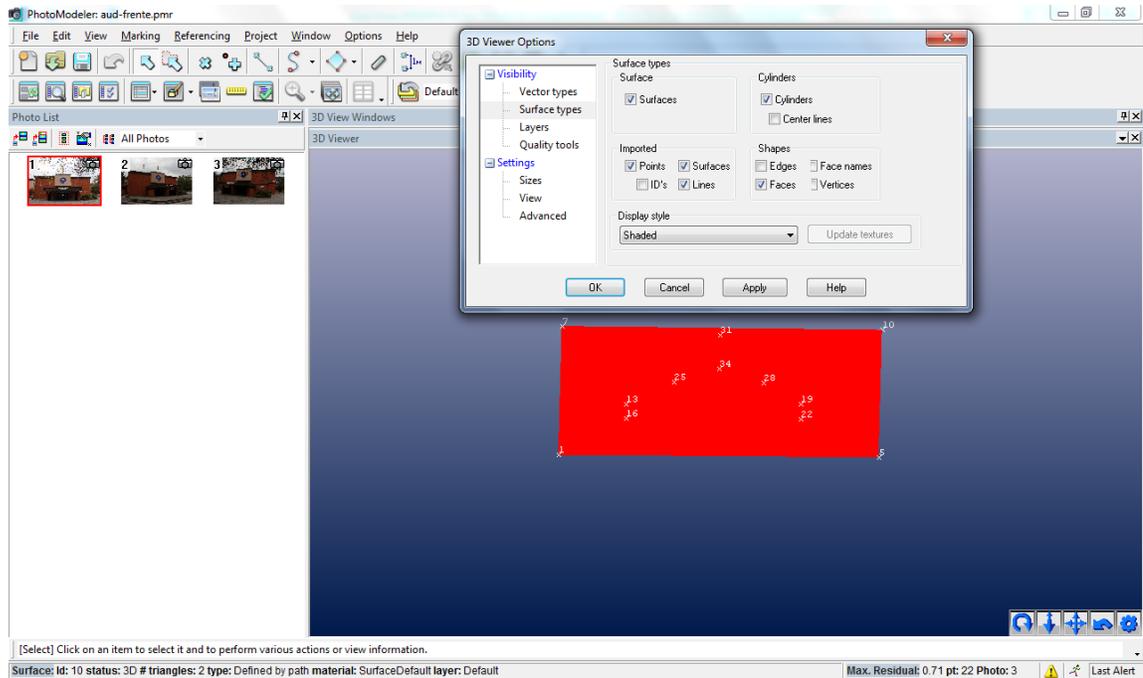


Imagen3.27: Visualización de las superficies creadas

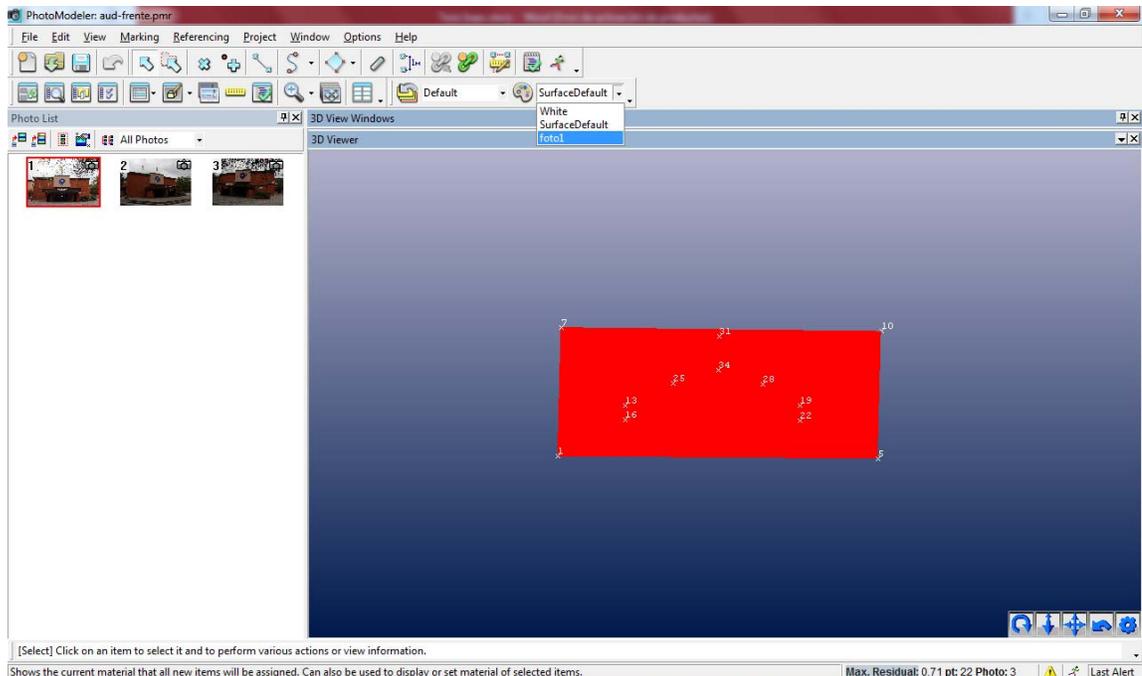


Imagen 3.28: Asignación de materiales a las superficies

3.4.4 Visualización y Exportación de la Ortofoto

Asignadas todas las texturas a las superficies y verificadas que estén correctas, se visualiza el modelo el alta calidad para ver cómo va a quedar la ortofoto de la fachada de la edificación, para ello nos dirigimos a la herramienta “Open 3D View” y mostramos las opciones “Show Options”, dando click en la opción “Surface Types” se despliegan varias alternativas, dentro del cual en “Display Style” dejamos seleccionado “Quality textures” y la damos OK; procesa toda la información con las texturas aplicadas y nos muestra ya visualizada la ortofoto orientada y restituida, misma que se analiza minuciosamente fijando la atención en que este correcta la fachada, si tiene muchos errores corregir cada uno de ellos, ya sea en perfeccionar más la corrección de la nube de puntos, aplicar correctamente las coordenadas y medidas o asignar de mejor manera las texturas en las superficies.

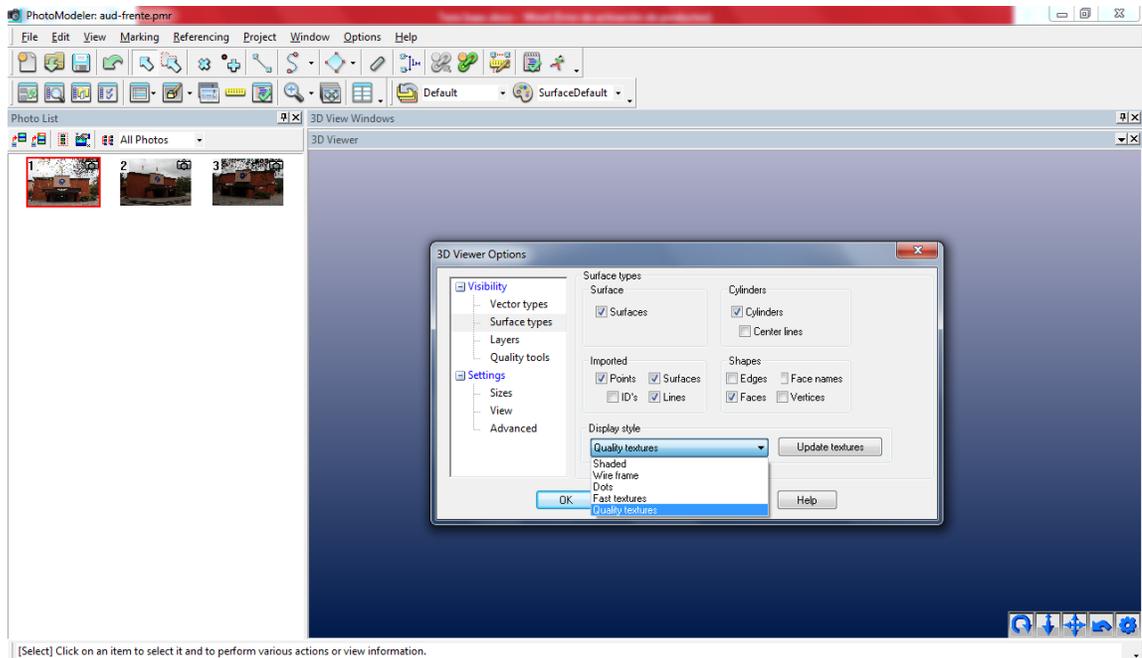


Imagen 3.29: Selección de la ortofoto en alta calidad

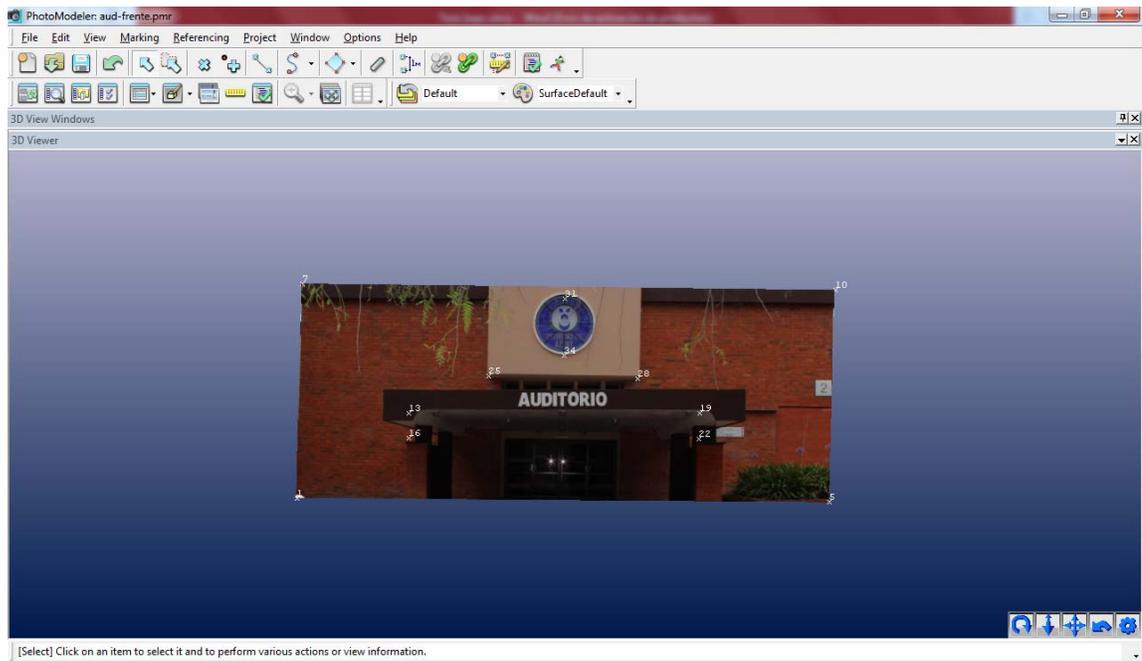


Imagen 3.30: Visualización de la ortofoto

Cuando la ortofoto esté correcta en todos los aspectos mencionados y lista se procede a exportarla con la finalidad de obtener como resultado una imagen en formato

JPG (2D) de una fachada de la Universidad del Azuay, que nos servirá posteriormente para el modelado en 3D, para exportar se siguen los siguientes pasos: en el menú “File/Exports/Export Ortho Photo” se abre una ventana con diferentes opciones, dentro de la cual en “Projection Plane” se selecciona la perspectiva desde la cual se desea obtener la ortofoto, en este caso se requiere la frontal “Front XZ”, misma que se la puede visualizar en baja resolución para observar el tamaño y forma de la imagen, haciendo click en “Update preview”; por último se elige el tamaño de la imagen que determina la calidad de resolución, se selecciona en “Image Scale” y se ingresa la cantidad de pixeles por metro que se desee, se da click en “Export” y por último se elige el formato que se desee de acuerdo a la necesidad (JPEG, TIFF, PNG, BMP, PCX, TGA, PCT, PSD, IFF, CAL, SGI, RGB).

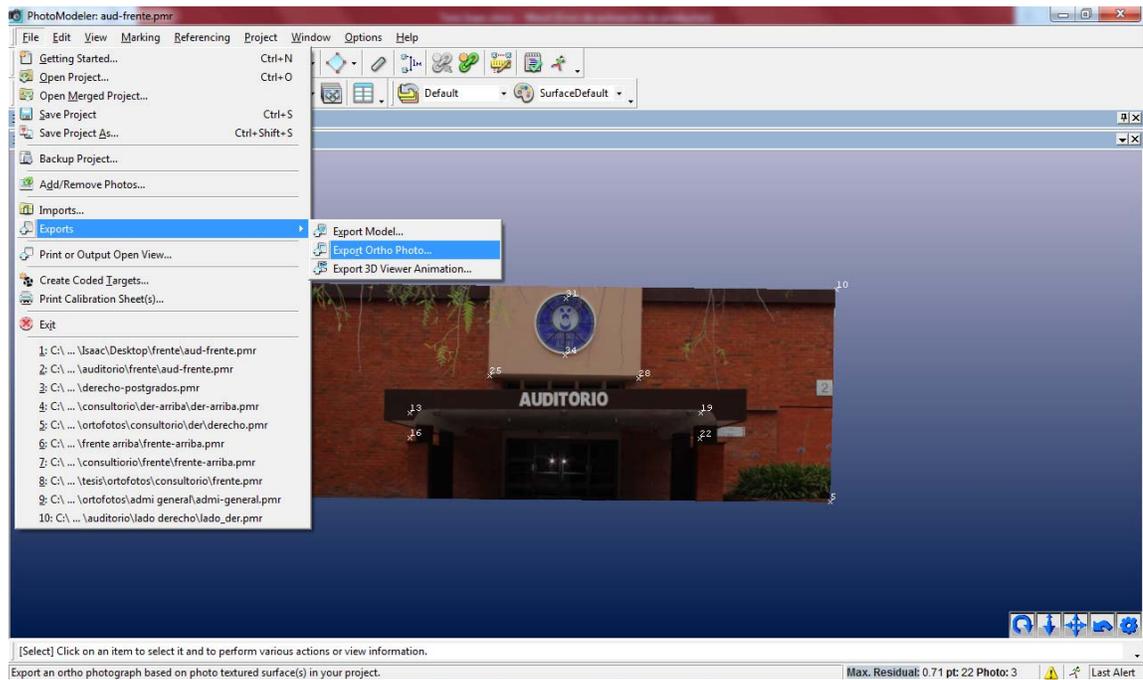


Imagen 3.31: Exportar la ortofoto

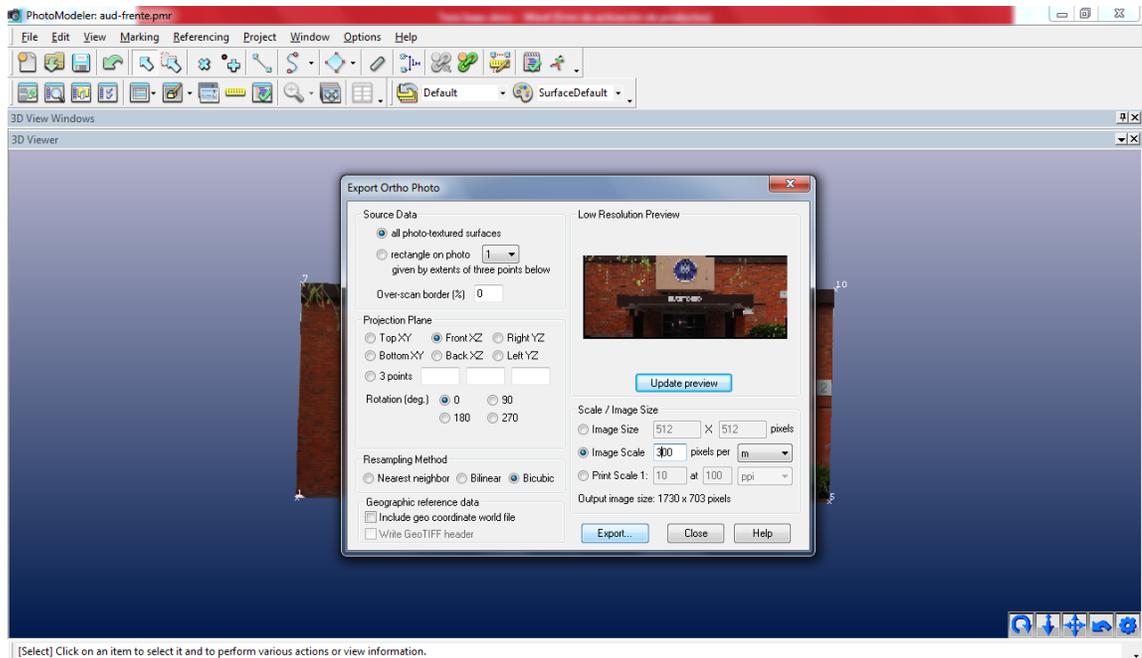


Imagen 3.32: Opciones para la exportación



Imagen 3.33: Resultado final de la Fotogrametría

3.5 Conclusiones

- La cámara se calibró a 18mm como distancia focal que es lo ideal para evitar errores, es recomendable que la cámara tome fotografías con el mismo ajuste con el que fue calibrada.

- Utilizar un equipo correcto y con buenas características para un mejor resultado en la resolución de las fotografías.
- Calibrar correctamente el software con la cámara, ya que de este procedimiento depende que las fotografías se orienten correctamente y que al momento de dar las coordenadas y las medidas no de problemas.
- Para todo el proceso de trabajo con el software, con el fin de economizar tiempo, es recomendable aprender y utilizar las teclas de acceso rápido.
- Utilizar la mayor cantidad de puntos posibles sobre las fotografías, así de esta manera se puede orientar y ortorrectificar de la mejor manera posible.
- Ingresadas las medidas de la distancia total de cada fachada, verificar que el resto de medidas realizadas en el software coincidan con las medidas de campo.
- Utilizar con el software las fotografías de mejor calidad obtenidas en campo, es decir, aquellas que no tengan sombra, sol, obstrucción con elementos ajenos a la edificación que interfieran con puntos clave, fotos movidas que al momento de hacer zoom se distorsione demasiado.
- Para un mejor resultado en el proceso de la ortorrectificación, en la corrección de precisión de los puntos, dejar con un residual inferior a 0.5
- Al crear las superficies en las fotografías, empezar en sentido de las manecillas del reloj.
- Para asignar coordenadas al modelo, en el sentido horizontal, empezar de izquierda a derecha; y en vertical, desde abajo hacia arriba.

CAPITULO IV

Desarrollo de los Productos

Introducción

En este último capítulo se procede a la realización de los modelos en tres dimensiones (3D) con el software Google Sketchup de las edificaciones de la Universidad del Azuay, partiendo de las ortofotos creadas en el capítulo anterior, las cuales se unirán según corresponda y de acuerdo a la realidad para modelar en tres dimensiones y para luego georreferenciarlas y con ello permitir el uso de la Realidad Aumentada que permite visualizar los modelos desde un dispositivo móvil (Andriod/iOS), mac o pc; por último se depositarán los modelos ya terminados en el almacén del Sketchup, desde el cual el público en general podrá descargar los modelos en tres dimensiones georreferenciados en diferentes formatos: ya sea (.skp) que es la extensión del software Google Sketchup, y con formato (.kmz) para poderlo visualizar en Google Earth.

4.1 Análisis de los datos

4.1.1 Comandos Básicos

Antes de empezar con el modelado en tres dimensiones es necesario conocer algunos comandos del Sketchup Pro que son imprescindibles para el desarrollo de los modelos 3D, los mismos que pueden revisarse en el tutorial de la página web del Sketchup. (Trimble, 2013)

- **Select:** Selecciona diferentes elementos para su manipulación.



Imagen 4.1: Comando Select

- **Line:** Realiza líneas para crear o dividir formas.



Imagen 4.2: Comando Line

- **Rectangle:** Nos permite dibujar cuadriláteros, haciendo ya sea una cara o cuadrados sobre la cara.



Imagen: 4.3: Comando Rectangle

- **Circle:** Herramienta utilizada para formar círculos.



Imagen 4.4: Comando Circle

- **Arc:** Sirve para crear un arco, se sigue el mismo procedimiento para hacer una línea, con la diferencia que una vez realizada la recta se mueve el cursor en forma perpendicular ajustando la distancia de acuerdo al tamaño del arco que se desee dibujar.



Imagen 4.5: Comando Arc

- **Make Component:** Hacer un componente es muy importante en este software, ya que nos permite crear modelos reutilizables, es decir modelos para ser utilizados luego dentro de otros modelos.



Imagen 4.6: Comando Make Component

- **Eraser:** Utilizado para borrar una línea, círculo, arco, cualquier elemento que este dentro del modelo, incluso componentes y grupos.



Imagen 4.7: Comando Eraser

- **Tape Measure Tool:** Se utiliza para realizar medidas a los modelos, verificando la escala del mismo.



Imagen 4.8: Comando Tape Measure Tool

- **Paint Bucket:** Herramienta muy útil dentro del Sketchup, sirve para dar las texturas a las caras, también se puede crear materiales según la necesidad.



Imagen 4.9: Comando Paint Bucket

- **Push/Pull:** Sirve para quitar o dar fondo a los objetos, dando la forma tridimensional.



Imagen 4.10: Comando Push/Pull

- **Move:** Mueve objetos o solo una parte de ellos.



Imagen 4.11: Comando Move

- **Rotate:** Rota los objetos o una parte de ellos, de acuerdo a coordenadas o grados.



Imagen 4.12: Comando Rotate

- **Offset:** Crea una copia de las caras o bordes a una distancia uniforme a la original.



Imagen 4.13: Comando Offset

- **Orbit:** Cambia la orientación de la cámara mientras se mantiene en el mismo sitio.



Imagen 4.14: Comando Orbit

- **Pan:** Cambia la posición de la cámara mientras se mantiene en la mismo sitio.



Imagen 4.15: Comando Pan

- **Zoom:** Manteniendo pulsado el botón derecho del ratón, se puede realizar alejamientos o acercamientos de la cámara.



Imagen 4.16: Comando Zoom

- **Add Location:** Permite georreferenciar los modelos, añadiendo la localización exacta en donde serán depositados los modelos.



Imagen 4.17: Comando Add Location

- **Get Models:** Añade modelos realizados por otras personas para poderlos integrar a nuestro proyecto.



Imagen 4.18: Comando Get Models

- **Preview Model in Google Earth:** Redirecciona el modelo georreferenciado para visualizarlo en Google Earth.



Imagen 4.19: Comando Preview Model in Google Earth

- **Share Model:** Comparte el modelo realizado, guardándolo en el almacén, desde donde se lo puede descargar el público en general.



Imagen 4.20: Comando Share Model

- **AR Plugin (Pro):** Plugin instalado adicionalmente para integrar la Realidad Aumentada.



Imagen 4.21: Comando AR Plugin (Pro)

4.1.2 Integración de las Ortofotos

Antes de comenzar con el modelado en tres dimensiones (3D), se debe importar las ortofotos que es el producto obtenido con el software Photomodeler, las cuales se las puede hacer mediante el menú File/Import, que abre una ventana en donde se elige la ortofoto que se va a ocupar para el modelado y se selecciona la opción “use as image”, la misma que permite colocar la ortofoto sobre los ejes del programa, quedando la imagen paralela al piso, posteriormente se procede a situar la ortofoto, de tal manera que forme un ángulo de 90° junto con los ejes. Para esto a la imagen primero hay que pegarle sobre un cuadrado formado con las mismas dimensiones de la imagen, después

se la explota con la herramienta “Paint Bucket” para poder darle la misma textura de la imagen al cuadrado creado, y se crea un grupo de todo lo que se ha hecho con esa ortofoto, dando click derecho y utilizando la opción “Make Group”; hecho esto con la opción “move”, colocamos la fachada sobre los ejes.

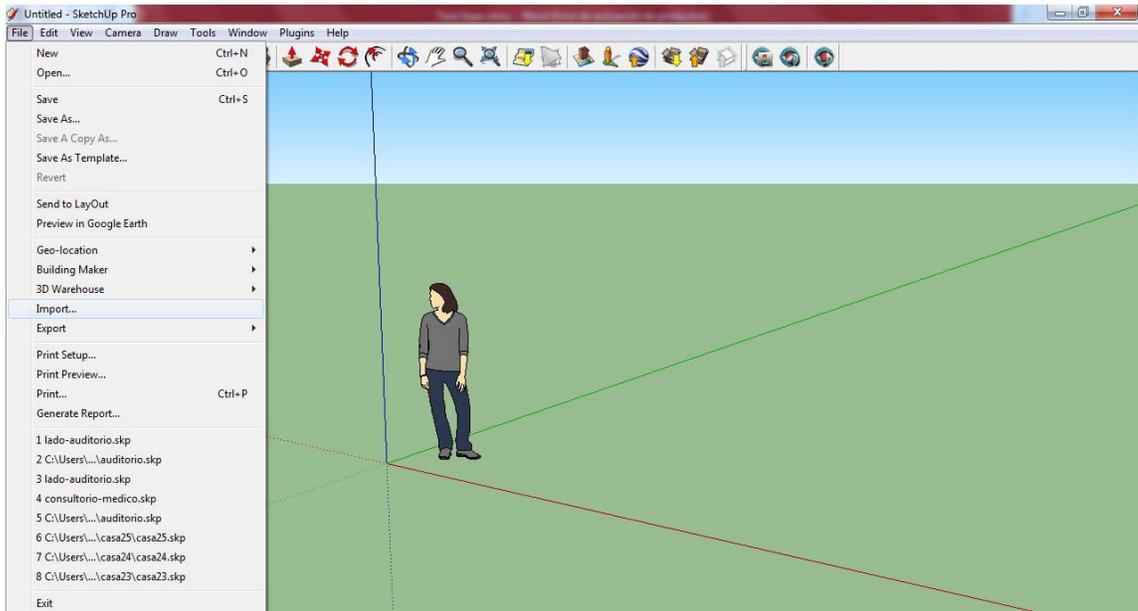


Imagen 4.22: Importar las ortofotos

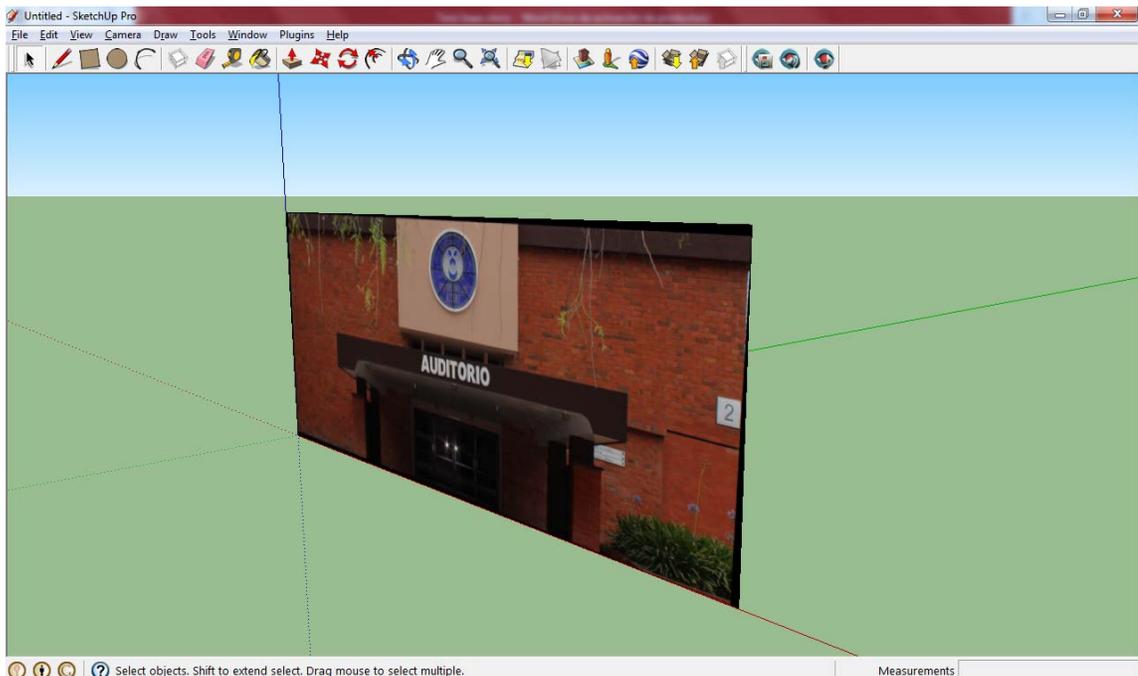


Imagen 4.23: Ortofoto sobre los ejes en 90°

4.2 Modelado en 3D

4.2.1 Forma 3D de la Edificación

Hasta ahora tiene ubicada sobre los ejes a la fachada, ahora se procede a darle la forma en tres dimensiones a toda la edificación, y a la unión del resto de fachadas al mismo edificio; previamente mediante el reconocimiento de campo, medidas, análisis y con las fotografías tomadas, se conoce a detalle la forma de cada una de las edificaciones de la Universidad del Azuay, a partir de esto se modela de acuerdo a la realidad.

Como la imagen dentro del software está formado como grupo, con el ratón se selecciona la cara y con la herramienta “Push/Pull” se tira la imagen hasta darle la forma deseada, debido a esto la cara frontal queda fuera de los ejes, por lo que debe mover el modelo dejando la parte frontal junto a los ejes como al inicio; como las fachadas de los lados, arriba y trasera no corresponden, se las elimina, dejando libre para la unión del resto de las ortofotos.

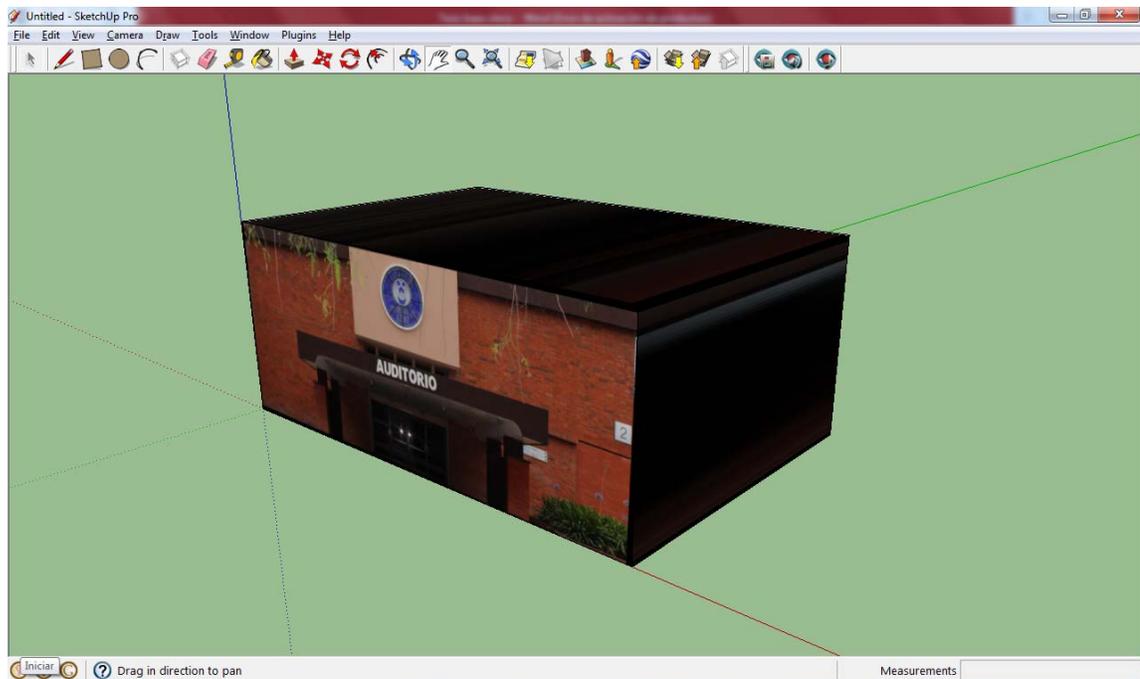


Imagen 4.24: Forma 3D de la edificación

4.2.2 Integración de las Ortofotos

Para unir las ortofotos y colocarlas en todas las caras para formar la edificación, existen dos formas para lograr esto:

- Importando la ortofoto como imagen y repetir el proceso que se realizó con la anteriormente, es decir: situando la ortofoto, de tal manera que forme un ángulo de 90° junto con los ejes, para esto a la imagen primero hay que pegarle sobre un cuadrado formado con las mismas dimensiones de la imagen, después se la explota con la herramienta “Paint Bucket” para poder darle la misma textura de la imagen al cuadrado creado, y se crea un grupo de todo lo que se ha hecho con esa ortofoto, dando click derecho y utilizando la opción “Make Group”; hecho esto con la opción “move”, colocamos la fachada sobre los ejes. (Recomendado)
- Importando la ortofoto como textura, al momento que se aplica con esta opción, la ortofoto únicamente se le aplica a la cara correspondiente, ajustando su tamaño y modificando el tamaño de la edificación que le dimos con la herramienta “Push/Pull”, moldeando al tamaño de la imagen.

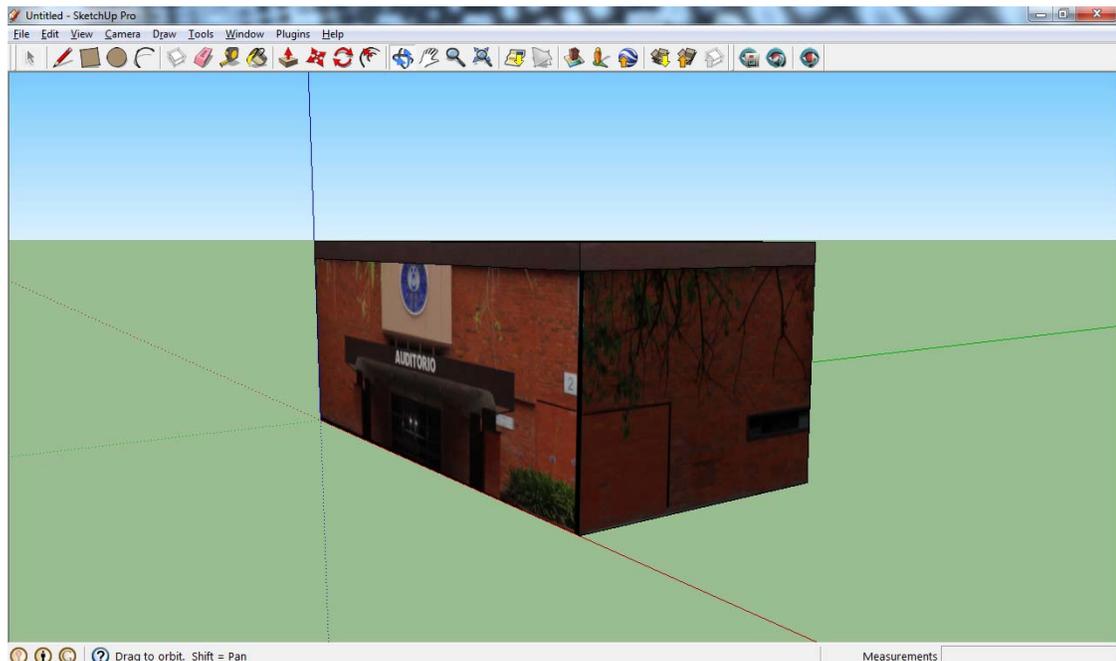


Imagen 4.25: Unión de las ortofotos

4.2.3 Formas 3D de las Fachadas

La parte más delicada proceso, consiste en asignarle las formas 3D de las fachadas de las edificaciones de la Universidad del Azuay, como se puede observar en las imágenes, las fachadas están planas por lo que es necesario darle sus formas respectivas, como se mencionó anteriormente, debido al reconocimiento de campo y a las fotografías con sus medidas respectivas, se puede modelar en tres dimensiones todo conforme a lo real; para esto se procede a realizar trazados utilizando las diferentes herramientas de acuerdo a lo requerido (Line, Rectangle, Circle, Arc, Offset, etc) sobre las partes que son tridimensionales.

Realizado el trazado, con la herramienta “Push/Pull” se da las formas 3D, empujando o tirando las superficies trazadas según corresponda, dadas las formas, se procede a aplicar las diferentes texturas a esas partes, para esto primero se elimina las que quedaron ya que no son las reales, se ponen las nuevas caras que no van a tener textura alguna con las herramientas (Line, Rectangle, Circle, etc), que será donde se aplicarán esas texturas nuevas; estas texturas deben ser reales, para esto se debe utilizar las fotografías obtenidas en el reconocimiento del espacio físico y levantamiento de información, para crear una textura se siguen los siguientes pasos:

- Antes que todo, se debe crear un archivo de imagen, sin importar con que extensión se cree, ya sea (.jpeg .png, etc).
- Con el editor de imagen de su preferencia crear esta imagen, por ejemplo: si se requiere una pared, abrir en el editor una fotografía en donde se pueda seleccionar una parte de esa pared, seleccionarla, cortarla, crear una nueva imagen solo con ese parte y guardarla en su Pc/Mac.
- Con el software Google Sketchup, seleccionar la herramienta “Paint Bucket”, y click en el botón “Create Meterial”.
- Se abre otra ventana en donde se debe dar click sobre la opción “Browse for material Image File”.
- Aparece el buscador, desde donde se busca el archivo de imagen creado anteriormente y cargarlo al programa.

- Se le asigna un nombre, por ejemplo: “pared”, dejar seleccionada siempre la opción “Use texture image” con la cual se utilizará la textura de la imagen nueva cargada, de acuerdo al tamaño del objeto que se le va a dar la textura se digita las dimensiones en metros tanto horizontal como vertical y click en OK.
- Se crea la nueva textura en los materiales del “Paint Bucket” en la opción “In Model”.
- Para aplicar esta textura sobre la nueva cara creada en el modelo, solo se le da click sobre la textura de imagen creada y click sobre la cara en el modelo.

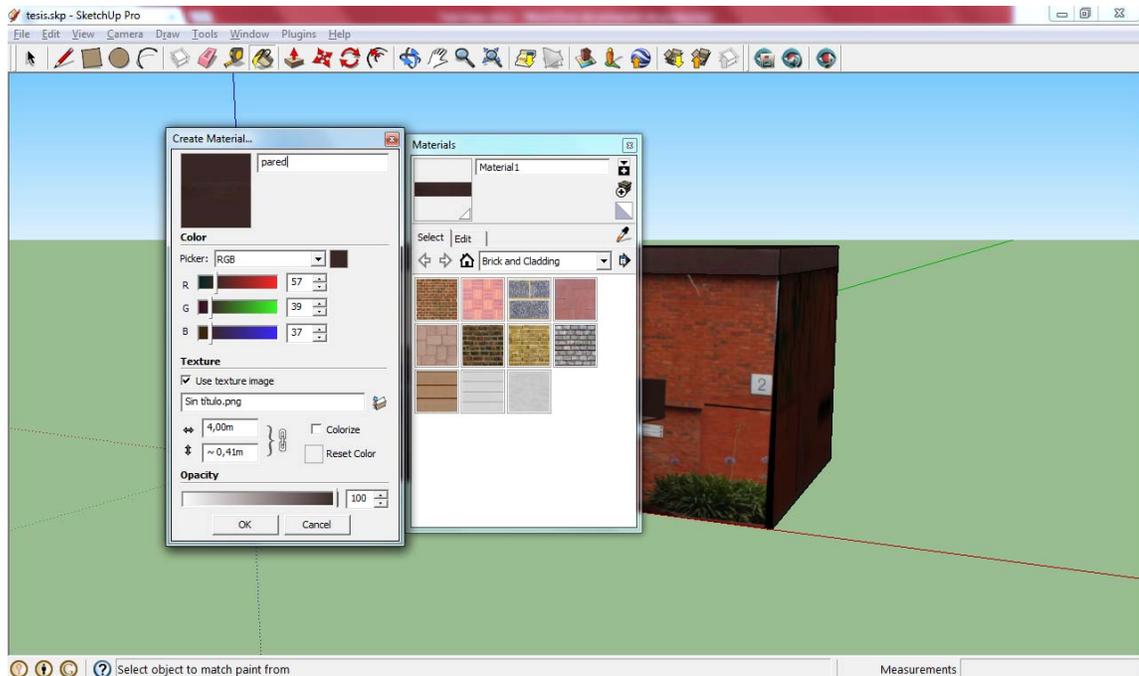


Imagen 4.26: Crear un nuevo material de textura

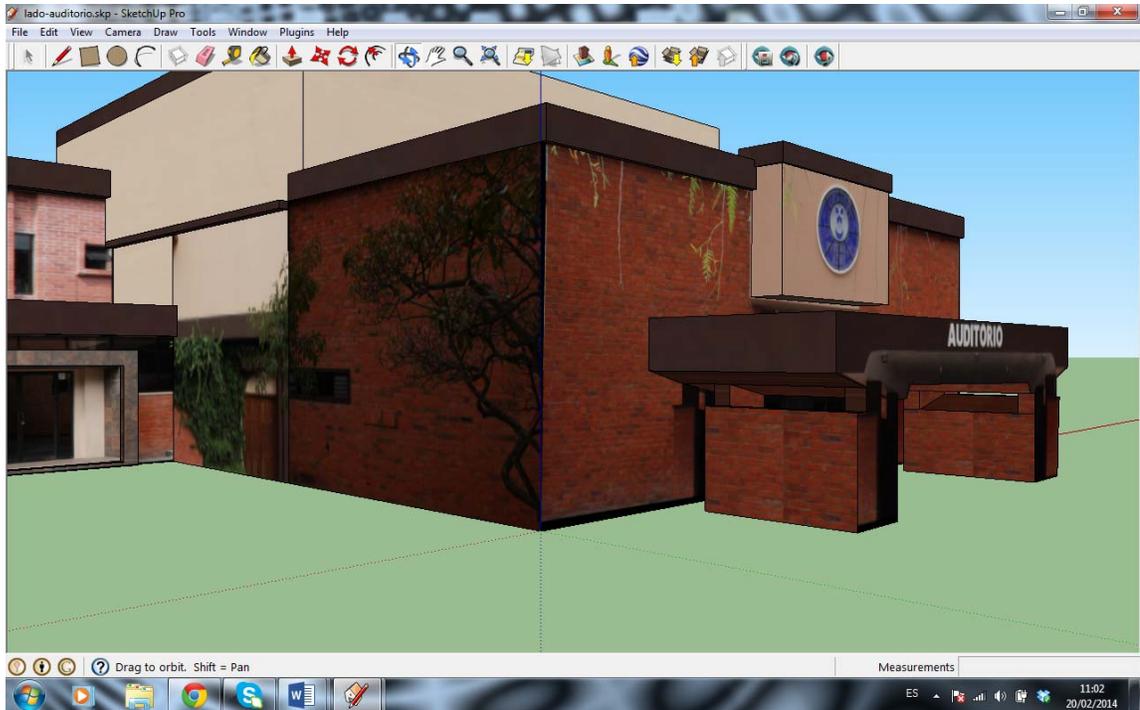


Imagen 4.27: Resultado final con formas y texturas en 3D

4.3 Georreferenciación

4.3.1 Añadir una Localización

Georreferenciar consiste en posicionar geográficamente un modelo sobre un sistema de coordenadas o datum determinado, para lograr esto desde el sketchup, se trabaja conjuntamente con el Google Earth; primero se añade la localización al modelo en el Sketchup mediante la herramienta “Add Location”, que abre una ventana donde se busca el lugar donde será colocado el modelo, se selecciona la región y se graba, quedando dicha localización como una especie de terreno dentro del Sketchup.

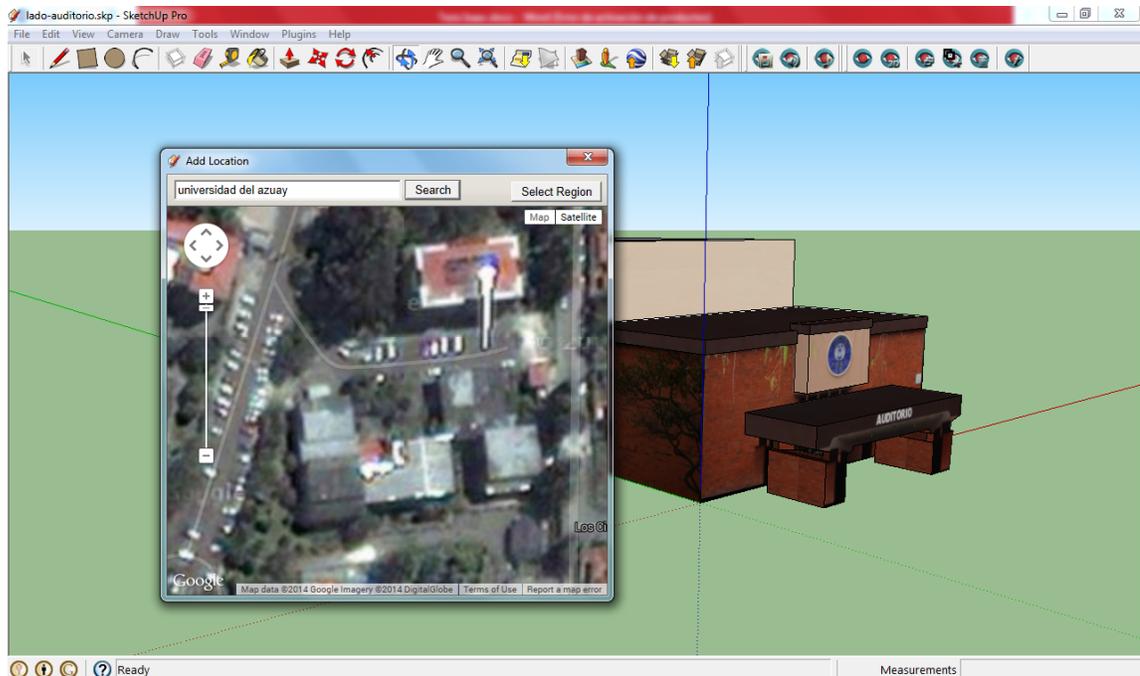


Imagen 4.28: Añadir la localización al modelo

4.3.2 Posicionamiento del Modelo

Para posicionar el modelo en donde corresponde, a todo el modelo se le debe crear como grupo, con el fin de que al momento de moverlo, se mueva todo y no por partes, con la herramienta “Move”, nos posicionamos en uno de los extremos del modelo y lo llevamos hacia su localización, con la misma herramienta movemos todo el grupo de forma horizontal, fijándonos que todo el modelo encaje perfectamente dentro del lote que corresponda, si el modelo queda pequeño o grande en referencia del lote, con la tecla “S” se puede escalar, dejando el modelo del tamaño del lote.

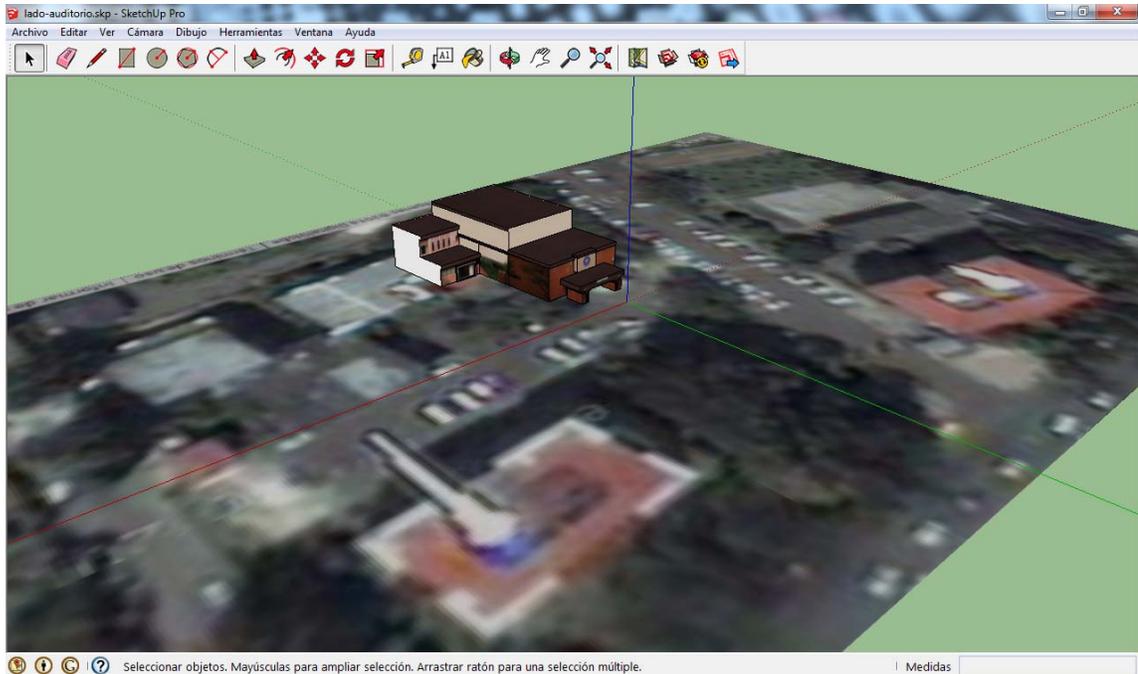


Imagen 4.29: Posicionamiento del modelo en el mapa.

4.4 Publicación de los Modelos

4.4.1 Almacén del Google Sketchup (Trimble 3D Warehouse)

Para publicar los modelos realizados en el almacén del Google Sketchup que es un espacio en la nube desde el cual se podrá descargar todos los modelos de forma gratuita y poderlo visualizar en Google Earth, se debe abrir una cuenta en gmail si es que no se la tiene para poder registrarse en el programa y subir los modelos, registrado correctamente aparecerá un mensaje que indica si se desea cambiar los materiales con las texturas que se han establecido a las edificaciones para reducir el tamaño, le decimos que no y aparecerá una ventana en la que se ingresará datos correspondientes a la edificación, como nombre del modelo, descripción, etiquetas para la búsqueda, dirección, website, logo y como último se carga el modelo al almacén.

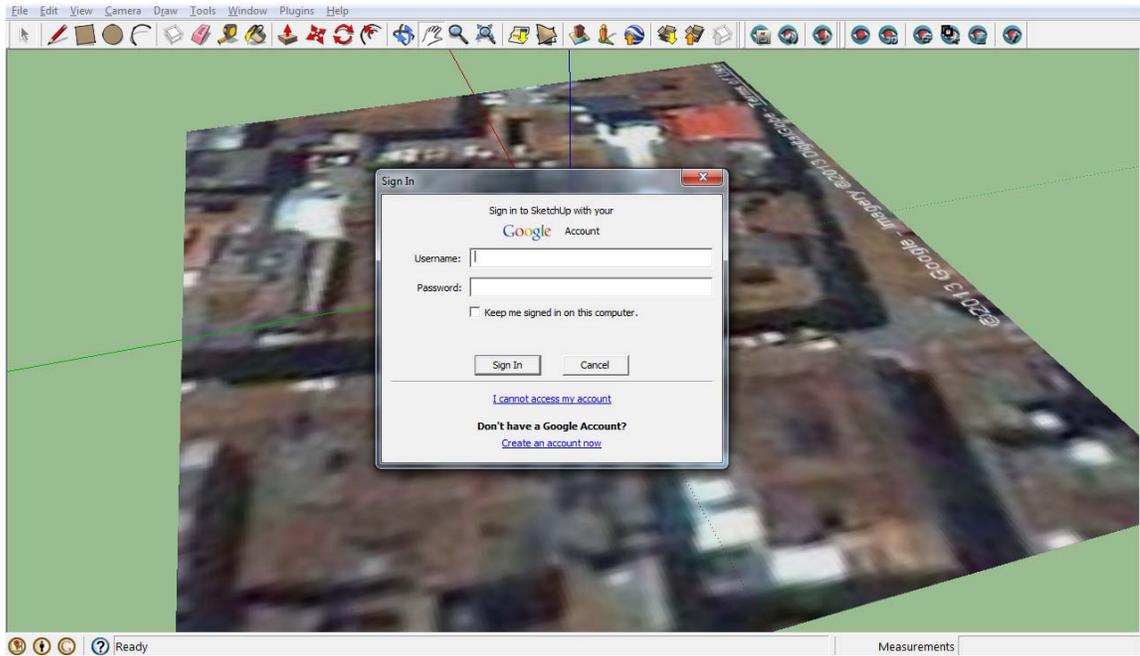


Imagen 4.30: Registro con la cuenta de gmail

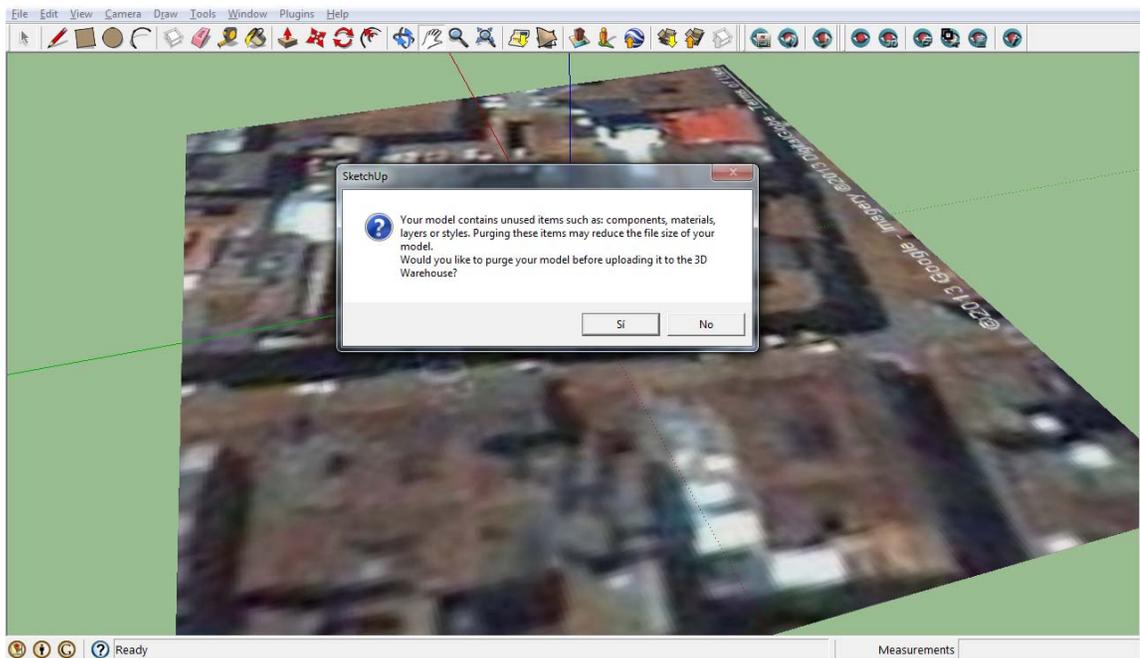


Imagen 4.31: Mensaje para cambiar las texturas

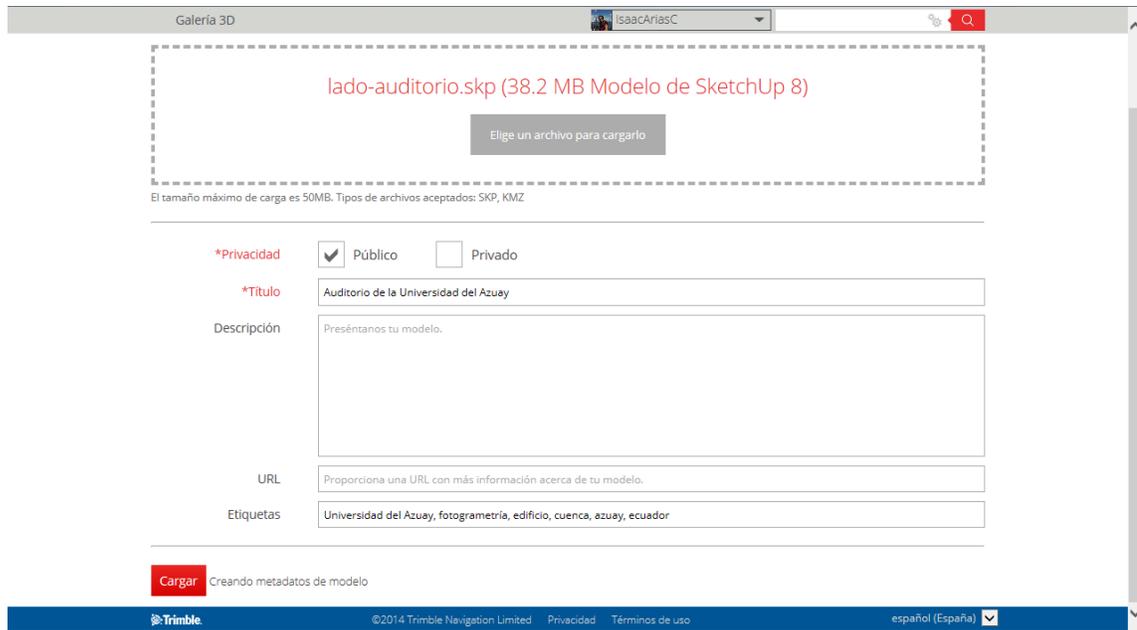


Imagen 4.32: Ingreso de datos del modelo y cargado al almacén.

4.4.2 Descarga y Visualización del Modelo en Google Earth

Una vez subidos todos los modelos listos al almacén del sketchup (Sketchup 3D Warehouse), se podrá acceder a la colección llamada “Universidad del Azuay”, en donde están depositados todos los modelos, cada uno de los cuales contará con una serie de opciones como:

- Imagen de visualización, que es la primera vista del modelo.
- Descripción del modelo, una breve introducción de la edificación que informe que función cumple dentro de la institución.
- Vista en 3D del modelo, permite girar en 360° el modelo para observarlo a detalle.
- Vista en el mapa de la localización exacta en donde fue georreferenciado el modelo.
- Ver una estadística del modelo con las fechas y la cantidad de visitas del público, así como de las descargas del mismo.

- Compartir los modelos en las redes sociales más conocidas como: Twitter, Facebook, Google +, Pinterest.
- Genera un Embed “código de programación” para poder incluir el modelo en alguna página web.
- Botón de descarga, que permite descargarse dos archivos: con la extensión .skp, para abrirlo en Google Sketchup, y con .kmz para visualizarlo en Google Earth, el cual también se lo puede visualizar desde el Sketchup desde el menú Archivo/Previsualizar en Google Earth.

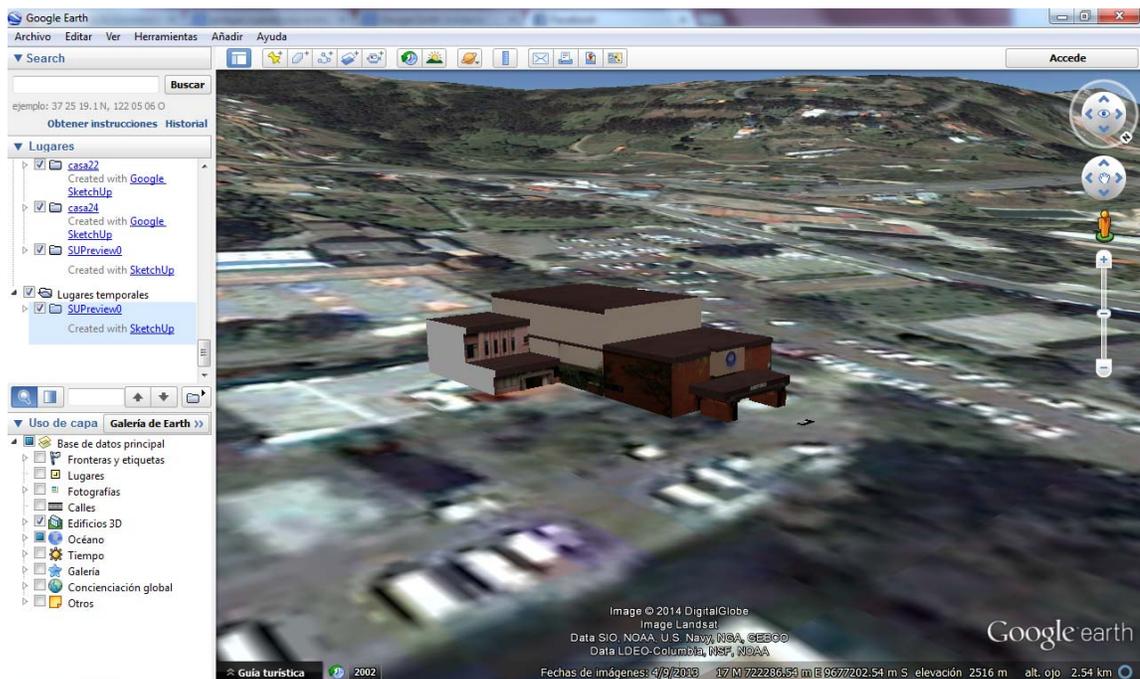


Imagen 4.33: Visualización de modelo en Google Earth

4.5 Realidad Aumentada

Se refiere a la visión en tiempo real del mundo físico con elementos generados por un computador. Gracias a la realidad aumentada, los usuarios pueden interactuar con el contenido 3D directamente en el entorno en donde viven o trabajan, a través de una interfaz de Pc adecuada. La realidad aumentada aporta a los usuarios a colocar cualquier contenido virtual en contexto, ayudando así en la solución de las tareas del mundo real de una manera completamente original.

4.5.1 Plugin AR Media

El Plugin de AR Media es un complemento de uso general para el desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada avanzadas y personalizadas, orientadas a satisfacer las necesidades complejas en una amplia gama de escenarios de aplicaciones. Permite a los usuarios crear y gestionar el contenido de realidad aumentada de los modelos 3D creados con SketchUp de una manera práctica, al punto de no requerir capacidades de programación, incluso utilizando la biblioteca predefinida de marcadores, asociando cualquier modelo 3D a cualquier marcador predefinido disponible. Se pueden crear archivos de Realidad Aumentada independientes con extensión *Armedia y dejar que los demás usuarios puedan visualizar mediante el software gratuito denominado AR Media Player (PC y para dispositivos iOS / Android).

Existen dos modalidades de usuario, el primero para el desarrollador de los modelos y el segundo para la visualización de modelos, en el primer caso es posible generar el modelo de realidad aumentada utilizando Sketchup, para este se requiere adquirir una licencia comercial. El segundo puede descargar libremente la aplicación y le es permitido visualizar los modelos realizados con el primero.

4.5.2 Instalación del Plugin AR Media en Google Sketchup

El procedimiento de instalación requiere que el perfil del usuario de windows sea administrativo, por lo que se deben poseer todos los privilegios necesarios antes de tratar de instalar el software, además de tener idealmente la última versión de sketchup pagada o Trial instalada.

El proceso de instalación creará los siguientes componentes:

- AR- Media TM Visualizador para SketchUpTM
- AR- Media TM exportador de SketchUpTM
- Utilidad de configuración AR- Media TM
- AR- Media TM Generator de Marcadores
- Administrador de Licencias AR- Media TM
- Archivos de ayuda y documentación

Para iniciar el proceso de instalación, se debe ingresar al siguiente link para descargar el software AR-Media:

http://www.inglobetechnologies.com/en/new_products/arplugin_su/info.php

Es necesario comprar la licencia si se requiere generar los modelos con realidad aumentada, ya que la versión gratuita está destinada a usuarios que quieren dichos modelos ya que solo permite visualizar por pocos segundos, para ello se debe registrar en la misma página, enviando al dirección de correo electrónico, un usuario y contraseña para realizar la compra, una vez logeado con los datos recibidos, se compra la licencia.



Imagen 4.34: Link de descarga del Plugin

Finalmente ejecutar el archivo descargado “ARPluginSetupPRO.exe” para luego seguir las instrucciones en pantalla del asistente de instalación. Al final del proceso, el instalador buscará en el computador cualquier versión instalada del SketchUp™ y se configurará para esta. Si se desea instalar el plugin para otra versión o si el instalador no consigue encontrar SketchUp™ en el computador, se puede elegir manualmente el directorio correspondiente.

4.5.3 Interfaz Principal

La siguiente figura muestra una visión general de la interfaz principal, que se puede dividir en tres secciones: marcadores disponibles, configuración de escenas y

acciones, La manera de ingresar a esta interfaz es seleccionando dentro de Sketchup el menú: Plugins / ARPlugin (PRO) / Setup.

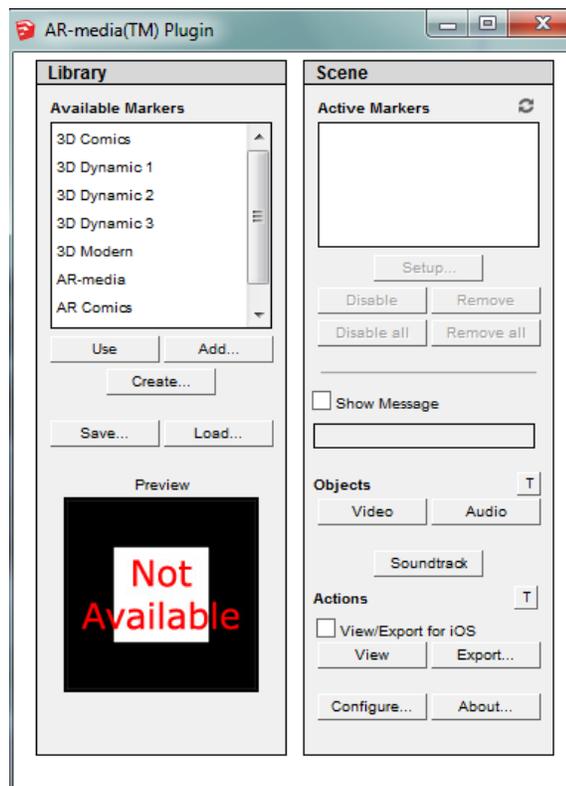


Imagen 4.35: Interfaz principal del ARmedia

4.5.3.1 Marcadores Disponibles

Esta sección de la interfaz principal se utiliza para gestionar la biblioteca de marcadores. Inicialmente se encuentran todos aquellos que vienen por defecto, cada marcador que está en la biblioteca se puede utilizar en la escena de Realidad Aumentada y se puede ver una vista previa del seleccionado haciendo clic en un elemento de la lista.

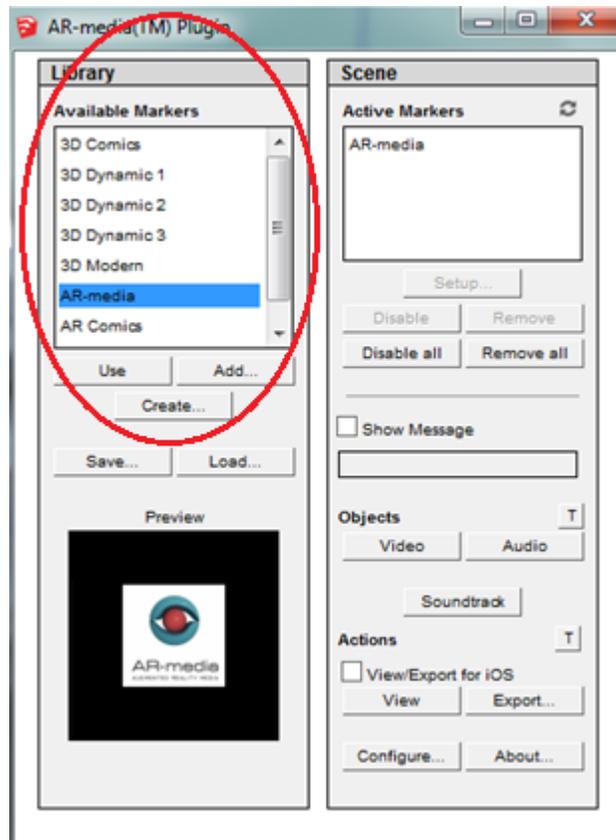


Imagen 4.36: Marcadores disponibles

4.5.3.2 Configuración de una Escena

Esta sección de la interfaz principal se utiliza para gestionar la lista de marcadores activos, con el propósito de configurar correctamente el modelo 3D para la Realidad Aumentada. Se puede cambiar el estado de un marcador haciendo clic en el botón Activar/Desactivar, respectivamente. Al hacer clic en el botón Deshabilitar todos/Habilitar todos, se pueden cambiar todos los estados de los marcadores con un clic.

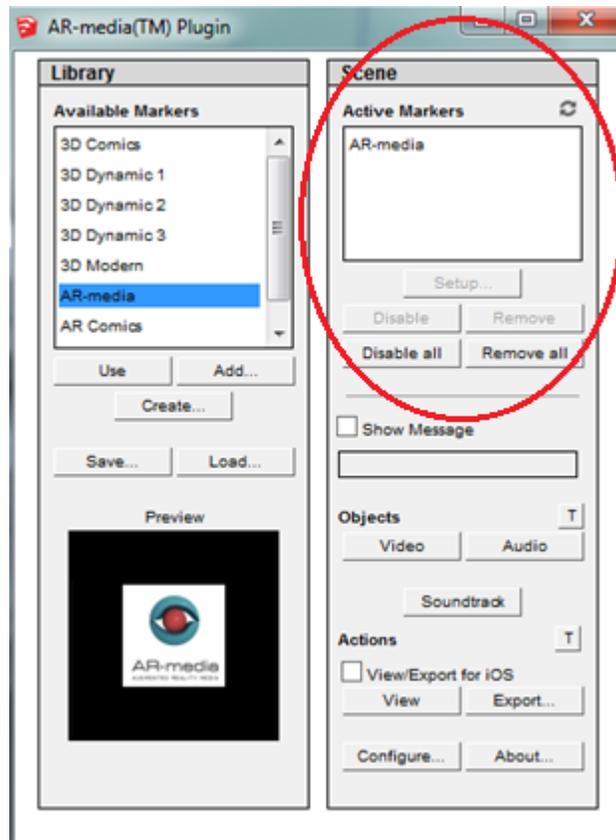


Imagen 4.37: Configuración de una escena

4.5.3.3 Acciones

En esta sección se describirán todas las actividades que se pueden realizar en el escenario por medio de la interfaz del Plugin de AR Media. Las mismas acciones también se pueden visualizar mediante la barra de herramientas Sketchup™, por medio de Plugins / ARPlugin (PRO).



Imagen 4.38: Acciones con el ARmedia

4.5.4 Creación del Archivo .armedia

Es un archivo que se genera como resultado de una serie de pasos realizados con la finalidad de poder visualizar el modelo con Realidad Aumentada, para ello primero

abrimos el Setup del Plugin instalado previamente, ubicado en la barra de menú, o en la ruta Complementos/ARPlugin (PRO)/Setup.

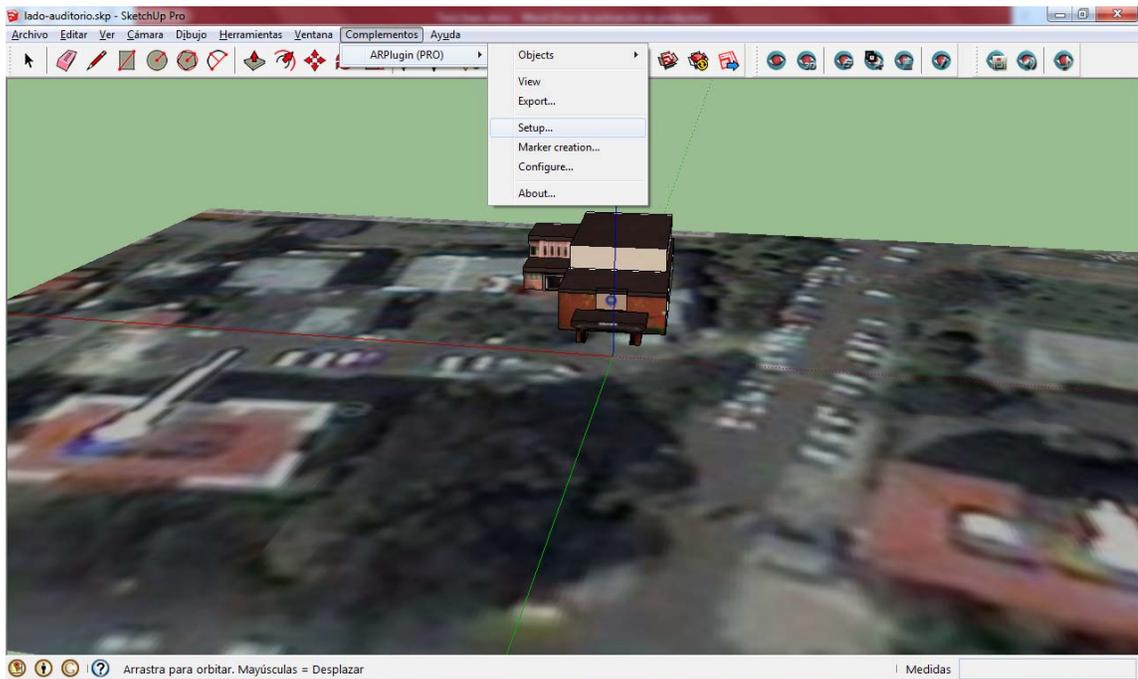


Imagen 4.39: Ruta para la Configuración del ARPlugin

En la ventana de configuración, en la Librería, sección de Marcadores Disponibles, se elige el marcador que se desee utilizar, por defecto viene cargado con ocho, pero también se los puede generar según la necesidad, se hace click en “use” y el marcador elegido se carga en las Escenas apareciendo en Marcadores Activos, si se requiere que aparezca un mensaje en la parte inferior del modelo, se debe marcar la casilla de “Show Message” y se escribe el mensaje a aparecer en el campo que está en blanco, para poder visualizarlo en dispositivos móviles con Sistema Operativo iOS y Android se marca la casilla de “View/Export for iOS”.

Para incluir los modelos y adicionalmente ajustar algunos detalles a mostrar, en la sección de Escenas, se selecciona el marcador que se ha elegido anteriormente y se hace click en “Setup”, aparecerá una ventana que contiene tres secciones: en la primera “Preferences”, si se marca “Fit Objects” se debe ingresar un valor número que configura el tamaño del modelo a aparecer con Realidad Aumentada, mientras mayor sea este valor, mayor el tamaño; en “Show Marker” aparece el dibujo del marcador en el modelo, y de igual manera se ingresa un valor numérico, mientras mayor sea el valor, mayor será

el tamaño de la marca, esta marca se la puede mover, colocándola en cualquier parte del modelo, esto sirve para indicar la posición y el tamaño del modelo en la marca impresa al momento ya de la visualización con Realidad Aumentada; en “Sun” se lo marca si se desea que el modelo genere una sombra, simulando la aparición del sol. En la segunda, “Attached Objects” se incluye lo que se desea que aparezca con realidad aumentada, esto se lo hace seleccionado con el ratón el objeto a mostrar y se da click en “Include”, apareciendo lo elegido en el casillero del Attached, si se quiere seleccionar todo lo hecho en el software, solo le da click en “Include all”. Y como tercero “Actions” en “View” se visualiza el modelo ya con Realidad Aumentada, activando la webcam y con la marca impresa se puede ver el modelo desde la Pc con este complemento, y con “Export”, como anteriormente se marcó la opción para ver y exportar en dispositivos móviles, se abre una ventana en donde se va a configurar esta opción, ingresando datos del modelo como: Título, Autor, Descripción, URL, en la sección de “Tracking Configuration”, se elige como se desea que se visualice el modelo con el dispositivo móvil: mediante un marcador, usando georreferenciación, en la cual se debe ingresar la latitud, longitud y altitud del modelo, o ambas opciones; por último se click en “Export”, se elige la ruta en donde se quiera guardar el archivo, y se genera el archivo .armedia para visualización con Realidad Aumentada en Pc, Mac y dispositivos móviles (iOS y Andriod).

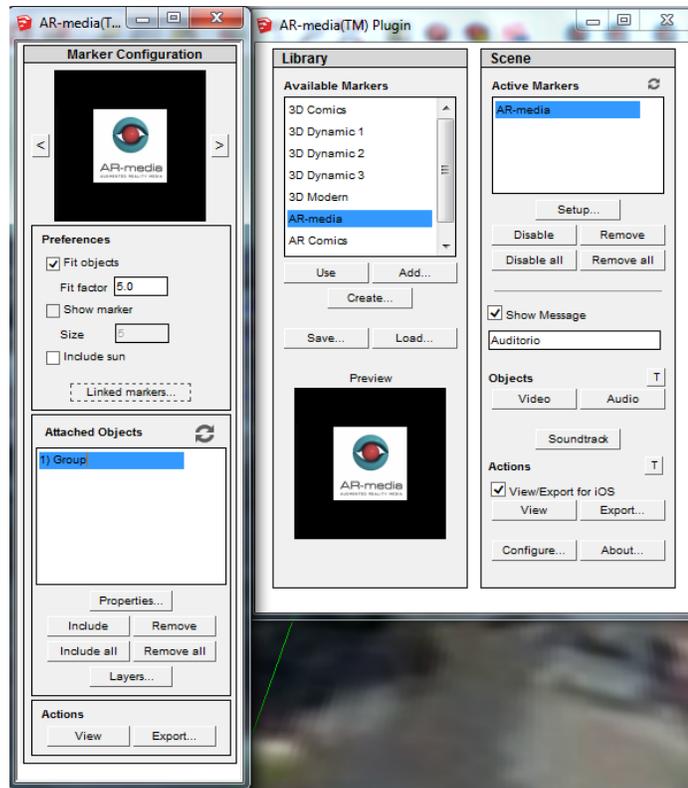


Imagen 4.40: Configuración del ARPlugin

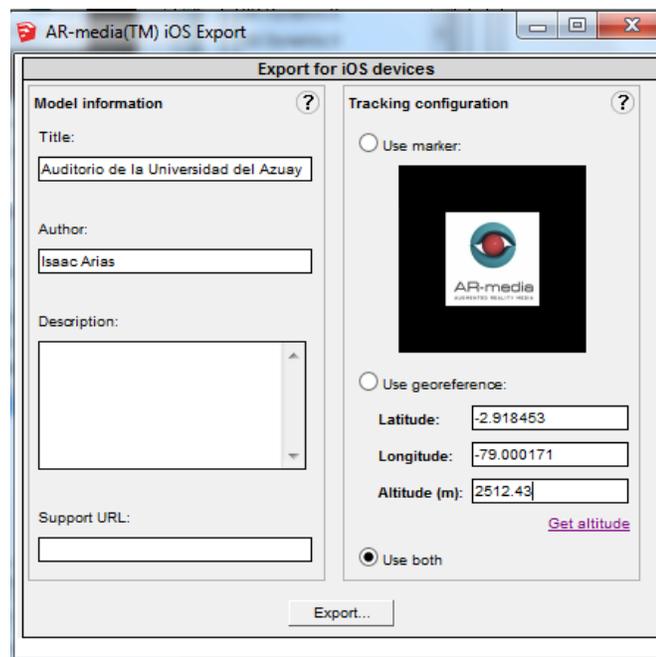


Imagen 4.41: Configuración para exportación a dispositivos móviles

CONCLUSIONES

Todos los objetivos propuestos en este proyecto se han cumplido de manera satisfactoria, con los cuales se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Ha sido posible, por medio de este trabajo, levantar fotogramétricamente algunas de las fachadas de la Universidad del Azuay por medio del uso de procedimientos, hardware y software especializado.
- Se ha conseguido generar modelos tridimensionales de edificaciones que se han depositado en librerías del “Google Sketchup”, por lo tanto accesibles a cualquier usuario por medio de la web.
- Se cuenta con una solución tecnológica integrada con posibilidades de recopilación que pueden dirigirse a: capacitación, consultoría, asistencia técnica, transferencia tecnológica.
- Se dispone con una base de experiencia, información y conocimientos, que también han sido utilizados por la Universidad del Azuay en los proyectos de Fotogrametría Arquitectural, los mismos que han sido publicados en el sitio web <http://gis.uazuay.edu.ec/patrimonio.php>, y presentados en la publicación impresa denominada “El patrimonio edificado de Cuenca, REGISTRO GRÁFICO Nro. 1” disponible también en el enlace anterior.
- Para el levantamiento de ciertas fachadas se tuvo dificultades para obtener imágenes libres de vegetación, por lo cual algunas de las edificaciones contienen elementos del entorno natural que se han asumido como parte del levantamiento fotogramétrico.
- En ciertos casos ha sido imposible contar con una imagen de la fachada, y se ha asumido una de similares características obtenidas de otras edificaciones.
- Durante la elaboración de este proyecto, las librerías de Google Earth eran de dominio público, y disponibles tanto como para subir o descargar modelos tridimensionales, ahora pasaron a un dominio privado que restringe la disponibilidad de dichos modelos.

RECOMENDACIONES

- Sería recomendable continuar con proyectos propios de la Universidad del Azuay y el Decanato General de Investigaciones, enfocados a la aplicación de esta técnica para la elaboración de productos gráficos que testimonien las características de las edificaciones patrimoniales de la ciudad de Cuenca, como por ejemplo: publicaciones de catálogos, afiches, modelos de realidad virtual, realidad aumentada; los mismos que resultarían un aporte institucional a la promoción, conservación, recuperación, valoración y gestión del patrimonio material de la ciudad y de la UNESCO.
- Todo esto permitiría mejorar el dominio de estos procesos, para el aprovechamiento concordante de los esfuerzos e inversiones institucionales que permita continuar el trabajo, transfiriendo la metodología a otras instituciones, organismos y profesionales que podrían utilizarla para su propio desarrollo, de manera mucho más elaborada.
- Sería conveniente establecer la posibilidad de depositar en la librería web de software, los modelos realizados de manera que puedan descargados sin ninguna restricción.

BIBLIOGRAFÍA

- Cera, I. V. (12 de 11 de 2013). *Conceptos Básicos Sketchup*. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/94310354/Conceptos-basicos-SketchUp>
- González, C. M. (2013). *INVESTIGACIÓN BIOLÓGICA Y TECNOLÓGICA*. Cuenca.
- Google. (22 de 12 de 2013). *Tutoriales de Google Earth*. Obtenido de <https://support.google.com/earth/answer/176576?hl=es>
- Inc, E. S. (20 de 12 de 2013). *PHOTOMODELER*. Obtenido de <https://www.photomodeler.com/tutorial-vids/online-tutorials.htm#cals2>
- Jauregui, L. (2008). *INTRODUCCIÓN A LA FOTOGRAMETRÍA*. Mérida Venezuela.
- López, J. T. (s.f.). *Fotogrametría Práctica - Tutorial Photomodeler*. España: Ediciones Tantín.
- Ochoa, P. (2013). *El patrimonio Edificado de Cuenca*. Cuenca.
- S.L.P, P. A. (10 de 12 de 2013). *World photogrammetry*. Obtenido de <http://www.worldphotogrammetry.com/index.php>
- Technologies, I. (09 de 10 de 2013). *InglobeTechnologies*. Obtenido de http://www.inglobetechnologies.com/en/new_products/arplugin_su/download/_current_/QuickStartGuideWin.pdf
- Trimble. (01 de 12 de 2013). *SketchUp Knowledge Center*. Obtenido de <http://help.sketchup.com/en>
- Wales, J. (18 de 11 de 2013). *Wikipedia*. Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Fotogrametr%C3%ADa>
- Wales, J. (02 de 12 de 2013). *Wikipedia*. Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/PhotoModeler>
- Wales, J. (23 de 11 de 2013). *Wikipedia*. Obtenido de [http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_\(cartograf%C3%ADa\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_(cartograf%C3%ADa))
- Wales, J. (20 de 11 de 2013). *Wikipedia*. Obtenido de http://es.wikipedia.org/wiki/Google_Earth

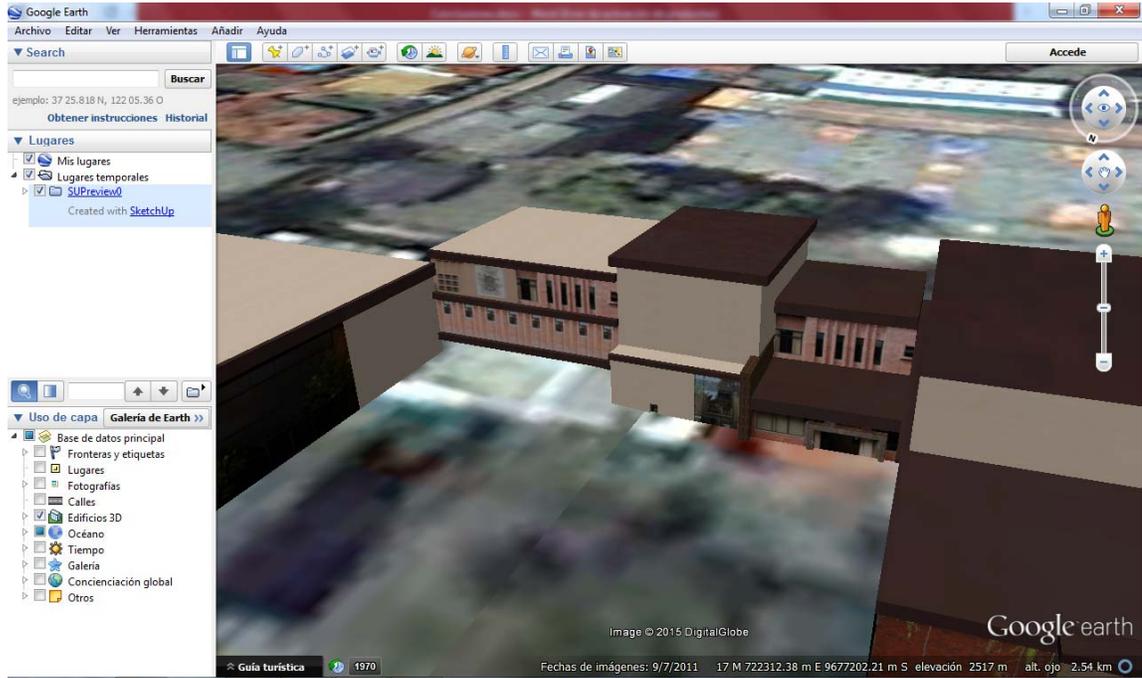
ANEXO 1

Modelos desarrollados y visualizados en Google Earth.

- Auditorio



- **Biblioteca y Postgrados**



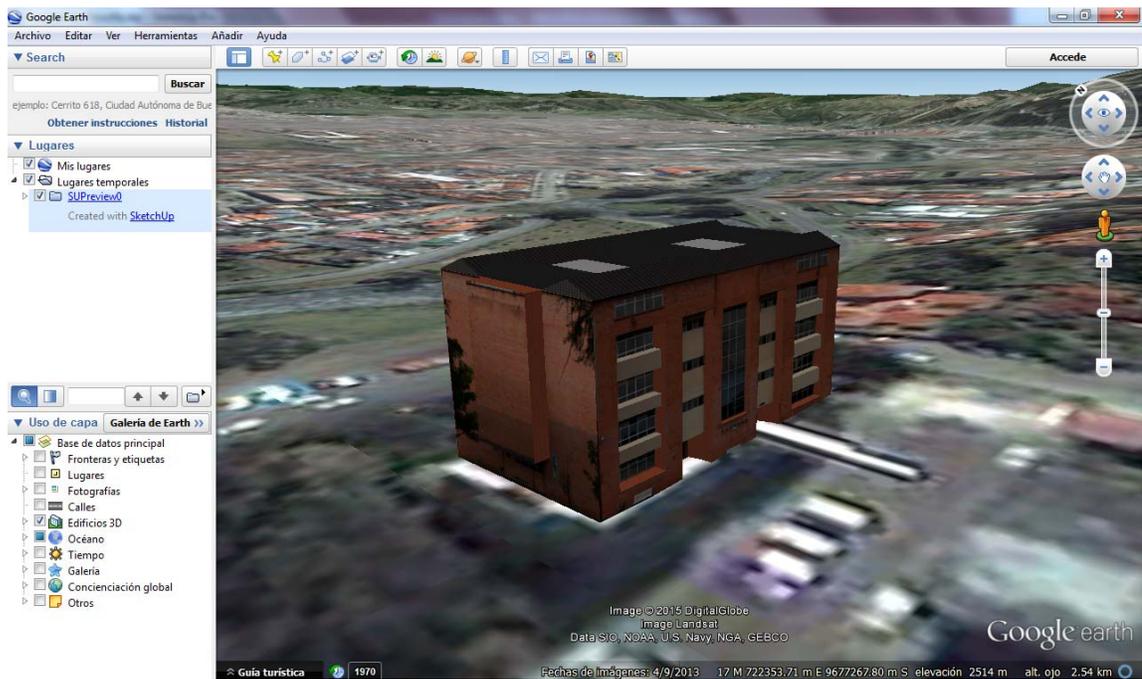
- **Administración General**



- Departamento Médico



- Facultad de Administración



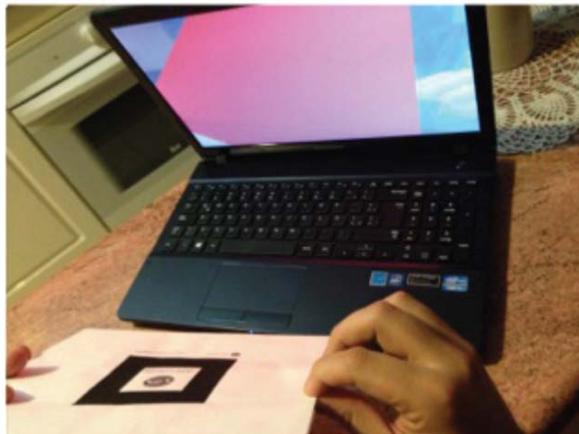
- **Facultad de Filosofía**



ANEXO 2

Manual de usuario para Realidad Aumentada.

- **Instructivo para Pc (Windows XP/Vista/7/8) o Mac (Mac OS X 10.5 y posteriores).**
 1. Descargar el instalador de Ar-media desde:
http://www.inglobetechnologies.com/en/new_products/arplayer/info.php
 2. Instalar el archivo descargado.
 3. Desde el siguiente link descargar el archivo llamado “Realidad Aumentada.rar”
<https://www.dropbox.com/s/6n3o6k89r6pcemw/Realidad%20Aumentada.rar>
 4. Descomprimir el archivo “Realidad Aumentada.rar”.
 5. Imprimir el documento “marker_armedia.pdf” que servirá para la visualización del modelo.
 6. Hacer doble click sobre la edificación que desee observar con realidad aumentada, el programa de Ar-media ya instalado previamente automáticamente activará su webcam.
 7. Acercar el documento impreso con la marca hacia la webcam, el cual reflejará sobre la pantalla el modelo 3D con realidad aumentada de la casa.



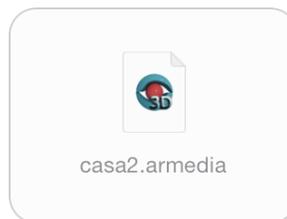
8. Si desea ver otra edificación, repetir los pasos 6 y 7.

- **Instructivo para dispositivos móviles (iOS).**

1. Descargar la aplicación “ARMedia Player” desde el App Store, es gratuito.
2. Desde una Pc o Mac descargarse el archivo llamado “Realidad Aumentada.rar”
<https://www.dropbox.com/s/6n3o6k89r6pcemw/Realidad%20Aumentada.rar>
3. Descomprimir el archivo “Realidad Aumentada.rar”.
4. Imprimir el documento “marker_armedia.pdf” que servirá para la visualización del modelo.
5. Enviar por email las edificaciones que desee observar en su dispositivo móvil a su correo electrónico.
6. Desde el dispositivo móvil abrir el correo electrónico y tocar el archivo que se envió.

Sin asunto

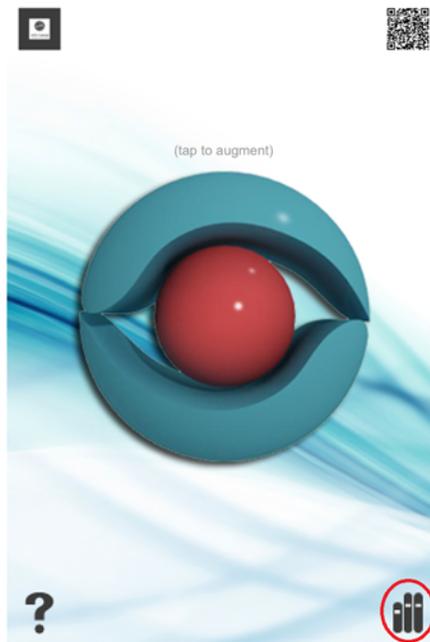
23 de noviembre de 2013 20:28



7. Seleccionar “Abrir en AR Player”.



8. Se abrirá la aplicación “AR player”; tocamos en la esquina inferior derecha (encerrado en un círculo).



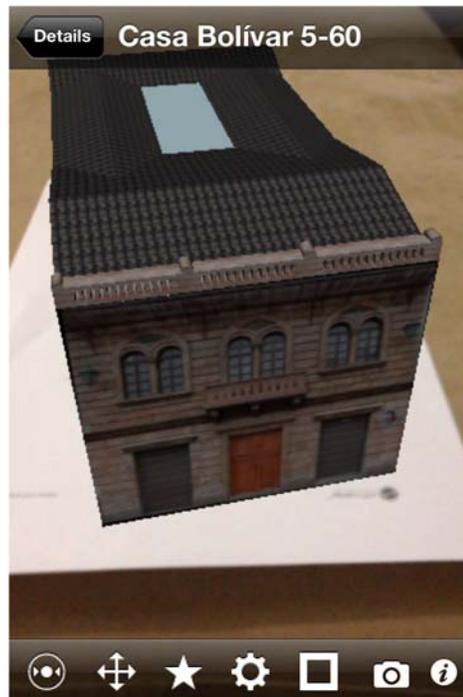
9. Para cargar el modelo, seleccionamos el botón de actualizar localizado en la esquina inferior izquierda y tocamos en la edificación que vamos a observar.



10. Se abre la siguiente pantalla, tocamos en el logo de AR Media y se abrirá la cámara del dispositivo móvil.



11. Con la cámara apuntar hacia el documento impreso con la marca, el cual mostrará ya en su dispositivo el modelo 3D con realidad aumentada.



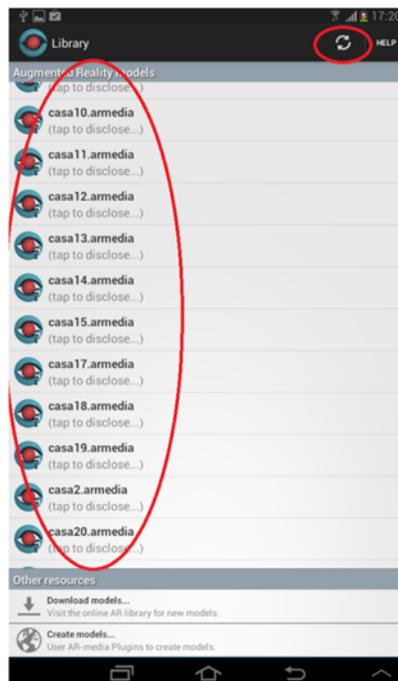
12. Para mostrar otra edificación, repetir desde el paso 5.

- **Instructivo para dispositivos móviles (Android).**

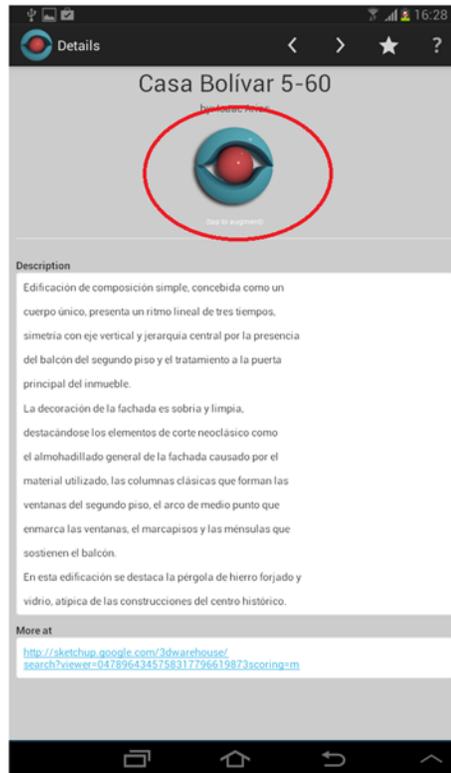
1. Descargar la aplicación “ARMedia Player” desde el Play Store, es gratuito.
2. Desde una Pc o Mac descargarse el archivo llamado “Realidad Aumentada.rar”
<https://www.dropbox.com/s/6n3o6k89r6pceiw/Realidad%20Aumentada.rar>
3. Descomprimir el archivo “Realidad Aumentada.rar”.
4. Imprimir el documento “marker_armedia.pdf” que servirá para la visualización del modelo.
5. Conectar el dispositivo móvil a la Pc o Mac, entrar y crear una carpeta con el nombre “armedia_player”, en esta carpeta vamos a copiar todos los modelos que descomprimimos en el paso 3.
6. Desde el dispositivo móvil entramos a la aplicación “ARPlayer” y tocamos en el ícono del medio (encerrado en un círculo).



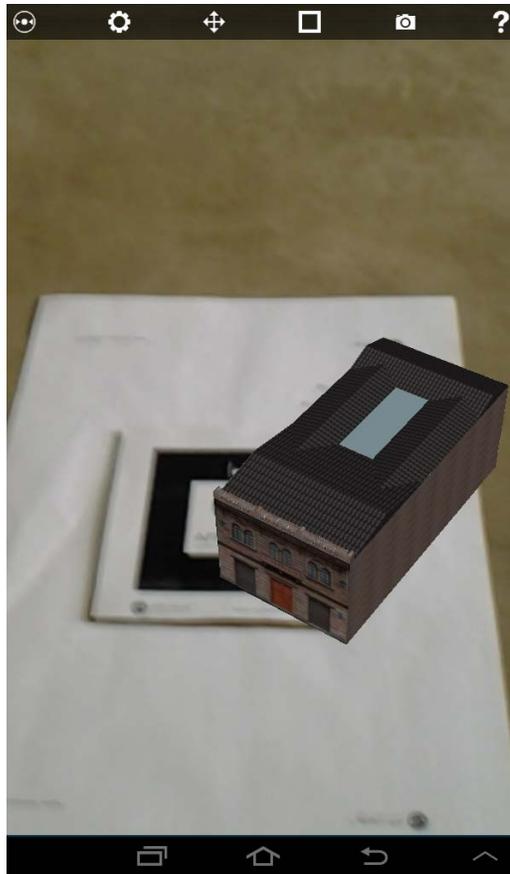
7. Para cargar el modelo, seleccionamos el botón de actualizar localizado en la esquina superior derecha y tocamos en la edificación que vamos a observar.



8. Se abre la siguiente pantalla, tocamos en el logo de AR Media y se abrirá la cámara del dispositivo móvil.



9. Con la cámara apuntar hacia el documento impreso con la marca, el cual mostrará ya en su dispositivo el modelo 3D con realidad aumentada.



10. Para mostrar otra edificación, repetir desde el paso 7.