

“DISEÑO DE UN AMBIENTE VIRTUAL MEDIANTE EL EMPLEO DE PROCESOS FOTOGRAMÉTRICOS TERRESTRES DE CORTO ALCANCE DEL CONJUNTO ARQUITECTÓNICO DE LA CIUDAD DE CONOCOTO”

PABLO ROBERTO PÉREZ SALAZAR¹; EDUARDO PATRICIO KIRBY POWNEY²; MARÍA ALEJANDRA ESPÍN PUCHAICELA³; FAUSTO ALEJANDRO GUANO ROJAS⁴.

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE. DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA. ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO (ESPE).

Avenida el Progreso, s/n. Sangolquí – Ecuador.

prperez@espe.edu.ec ¹; epkirby@espe.edu.ec ²; maleja_espin@hotmail.com ³; faustoaguanor@gmail.com ⁴.

RESUMEN

En la actualidad el progreso tecnológico ha contribuido al desarrollo de nuevos enfoques en la arquitectura. Un caso particular se presenta, en el perfeccionamiento y especialización de equipos dedicados al modelado de objetos 3D e implementación de mundos virtuales. Generalmente, estas realidades compuestas principalmente de edificaciones u otros elementos como monumentos, cuentan con una gran diversidad de aplicaciones sobre todo para usos de difusión y presentación multimedia.

Aunque en muchos casos los productos del modelado 3D, son desarrollados por procesos exclusivamente informáticos, en los que su componente topográfica es muy limitada, existen técnicas como la fotogrametría, con la cual se elaboran modelos que representan fielmente la geometría y el texturizado de las estructuras.

En el presente proyecto, se describen las metodologías de dos técnicas fotogramétricas aplicadas a la captura de información tridimensional, la construcción de elementos en 3D y el desarrollo de ambientes virtuales, con la finalidad de informar al público en general acerca de los bienes patrimoniales que posee el conjunto arquitectónico de Conocoto.

Palabras clave: Fotogrametría. Ambiente virtual. Modelado 3D. VRML.

ABSTRACT

Today technological progress has contributed to the development of new approaches to architecture. A special case is presented in the development and specialization of equipment dedicated to 3D object modeling and implementation of virtual worlds. Generally, these realities are composed primarily of buildings or other monuments, have a wide range of applications especially for broadcast applications and multimedia presentation.

Although in many cases their products are exclusively developed for computer processes, in which the topographic component is very limited, there are techniques such as photogrammetry, with which to build models that accurately represent the structures geometry and texturing.

In this project describes the methodologies of two photogrammetric techniques applied to capture three-dimensional information, the construction of 3D elements and development of virtual environments, in order to inform the general public about the assets held by the Conocoto architectural buildings.

Keywords: Photogrammetry. Virtual environment. 3D Modeling. VRML.

1. INTRODUCCIÓN

El uso de un sistema de representación de dos dimensiones llamado plano, ha sido empleado tradicionalmente en arquitectura e ingeniería; esta abstracción del espacio real en un elemento tan limitado ha sido la técnica más empleada, pero en la actualidad, existen métodos más eficaces de lograr representar la realidad, como es el modelado 3D.

La fotogrametría es la técnica de medición indirecta, que a partir de imágenes y principios matemáticos establecidos obtiene las características geométricas tridimensionales de elementos en el terreno. Una de las aplicaciones prácticas de este conjunto de procesos, en particular de la fotogrametría terrestre de corto alcance utilizando fotografías con una plataforma terrena a distancias cortas, se da en la arquitectura, para la generación de planos e incluso modelos tridimensionales que permiten la visualización de edificios de valor histórico - cultural y monumentación con mucho detalle.

El presente proyecto, pretende intervenir con procesos de fotogrametría digital terrestre el centro histórico de la ciudad de Conocoto, para generar información geoespacial tridimensional plasmada en un ambiente virtual 3D, que alimente la base de datos del patrimonio nacional edificado del Ecuador y provea al Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Conocoto, de un documento técnico, cuya difusión pueda lograr la puesta en valor del patrimonio como base fundamental para el desarrollo de la región.

En general, la metodología arquitectónica para el levantamiento de fachadas y edificaciones de valor cultural, consiste en la aplicación de métodos directos de medición, los cuales requieren de habilidad y demandan mucho tiempo, lo que resulta en el incremento de los costos de ejecución del proyecto. Sin embargo, los métodos indirectos, propios de las ciencias geográficas, apoyados en instrumentación digital, reducen significativamente los períodos de trabajo y los gastos.

Actualmente, la existencia de técnicas y tecnologías accesibles para realizar levantamientos tridimensionales, posibilitan la generación de los modelos digitales de las edificaciones patrimoniales, para su visualización en un ambiente virtual disponible en una página web, satisfaciendo así la necesidad de la comunidad por conocer y preservar su patrimonio arquitectónico.

2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto abarca al centro histórico de Conocoto, conformado por su iglesia parroquial y edificaciones con valor histórico ubicadas alrededor del parque central, como se muestra en la Figura 1.

2.1 DATOS GENERALES DE LA PARROQUIA CONOCOTO

La parroquia San Pedro de Conocoto, se encuentra ubicada al Sureste del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), a una altura de 2525 msnm; cuenta con una superficie aproximada de 56,20 Km² y una temperatura promedio de 17°C.

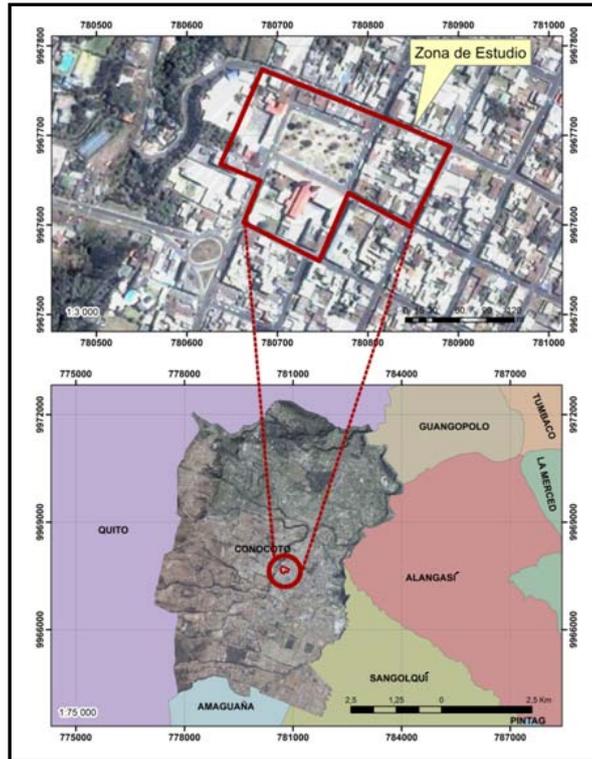


Figura 1. Zona de estudio ubicada en la parroquia Conocoto.
Fuente: División política INEC & imagen satelital ESRI.

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL CENTRO HISTÓRICO DE CONOCOTO

El complejo arquitectónico histórico de Conocoto incluye principalmente a su iglesia parroquial y las edificaciones circundantes dispuestas alrededor del parque. Está compuesto principalmente, por viviendas antiguas de adobe, ladrillo y techos de teja, aunque también existen estructuras más actuales, de cemento y loza.

Alrededor del parque central existen aproximadamente 30 edificaciones, algunas de ellas poseen un legado histórico importante, ya sea por las personas que las habitaron o por el uso que se les dio en épocas anteriores, un claro ejemplo de esto se observa en la actual Tenencia Política, que antiguamente fungía como cárcel (ver Figura 1.2).



Figura 2. Tenencia Política de Conocoto.

Por otro parte, la manzana en donde se ubica la iglesia, posee construcciones que destacan por su belleza arquitectónica, una de ellas es la "Unidad Educativa Mercedes de Jesús Molina N°2" que conserva un estilo de construcción antiguo en la parte frontal de su estructura. Asimismo, en este espacio se ubica el complejo arquitectónico de la Iglesia Parroquial de Conocoto, compuesto por la iglesia, el despacho parroquial, la casa del sacristán, la residencia del párroco, dos estructuras de uso múltiple, baños, garaje y una bodega.

Con respecto al uso del suelo, la categoría predominante es la residencial - comercial, por lo que en el área se encuentran negocios pequeños como restaurantes de comidas típicas y comercios varios (papelerías, panaderías, tiendas), que comparten las edificaciones con unidades habitacionales.

3. FOTOGRAMETRÍA DE CORTO ALCANCE

Se puede describir a la fotogrametría como la técnica de medición indirecta, que a partir de imágenes (digitales o fotogramas) y principios matemáticos establecidos obtiene las características geométricas tridimensionales de elementos en el terreno.

Existen varias definiciones propuestas, entre las cuales se destaca la adoptada por la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS) que la describe como *"La ciencia de realizar mediciones e interpretaciones confiables por medio de las fotografías, para de esa manera obtener características métricas y geométricas (dimensión, forma y posición), del objeto fotografiado."* (Jauregui L., 2006).

Aunque en el pasado el uso de la fotogrametría como técnica para obtener información estaba íntimamente relacionado al ámbito geoespacial, en la actualidad se han diversificado las aplicaciones en diferentes áreas de estudio.

La fotogrametría de corto alcance o de objeto cercano, agrupa a aquellas aplicaciones que no tienen carácter geodésico o topográfico; se aplica para resolver problemas singulares y muy específicos. Esta división es la que abarca la mayor amplitud de técnicas para la toma de fotografías y su posterior restitución (Jauregui L., 2006).

Tabla 1. Principales aplicaciones de la fotogrametría de corto alcance.

Campo	Aplicación
SIG	Integración de productos fotogramétricos a bases de datos digitales.
Arquitectura	Levantamiento de monumentos. Levantamiento edificaciones de importancia arquitectónica.
Arqueología	Construcción de modelos digitales tridimensionales de objetos y sitios de importancia arqueológica.
Criminalística	Reconstrucción de escenas del crimen y choques.
Zoología	Construcción de modelos digitales tridimensionales de seres vivos.
Medicina	Elaboración de modelos digitales de la anatomía humana.
Mecánica	Generación de modelos para aplicaciones automotrices, aeronáuticas, navales e industriales.

4. METODOLOGÍA

Para la obtención de ambientes virtuales, se siguieron las etapas expuestas en la figura 3.

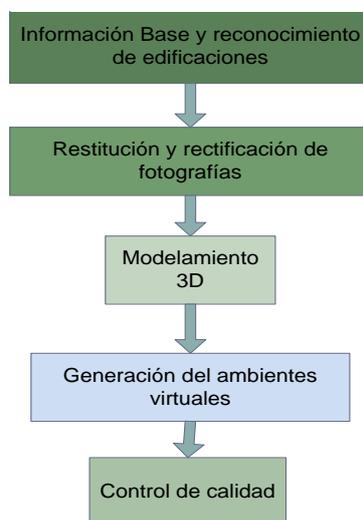


Figura 3. Etapas del proyecto fotogramétrico.

4.1. INFORMACIÓN BASE Y RECONOCIMIENTO DE EDIFICACIONES

La información base y el reconocimiento de las edificaciones son etapas muy importantes para planificar la ejecución del proyecto.

La obtención de información base, comprende esencialmente la recolección de todos los datos espaciales, insumos y experiencias anteriores relacionadas con el tema. Por otro lado, el reconocimiento de las edificaciones implica el recorrer la zona de estudio, en donde se identificaron y definieron las estructuras a levantarse.

4.1.1. Información base

Se consideraron dos tipos de información base: arquitectónica y geoespacial. Se solicitó al Instituto Metropolitano de Patrimonio Cultural de Quito (IMPQ) todos los planos correspondientes a los bienes patrimoniales ubicados dentro de la zona de estudio; dicha institución proporcionó 11 documentos con información arquitectónica de la Iglesia Parroquial, los mismos que se utilizaron para el dibujo de detalles que estaban fuera del alcance de los métodos fotogramétricos. En cuanto a la información geoespacial se solicitó a la Dirección Metropolitana de Catastro (DMAC) la restitución planimétrica y altimétrica para escala 1:1000 de la parroquia Conocoto, información que se utilizó como referencia geográfica en el levantamiento de las construcciones y para la elaboración de un Modelo Digital de Elevación (MDE).

Por otra parte, se efectuaron varias mediciones in situ, que sirvieron para el escalamiento de las edificaciones, inclusión de detalles que no pudieron obtenerse con fotogrametría y comprobación de precisiones en los métodos utilizados.

4.1.2. Reconocimiento de edificaciones

Alrededor del parque central se concentran los edificios más antiguos de la zona, los cuales poseen diferentes tipologías de construcción; siendo la Iglesia Parroquial de Conocoto la obra más representativa. En total se verificaron 40 edificaciones para la elaboración de 39 modelos digitales 3D de los inmuebles con texturizado externo y un modelo digital 3D de la Iglesia Parroquial de Conocoto con texturizado interno y externo. En la figura 4 se observan la ubicación geográfica de las 40 edificaciones que componen el presente proyecto con su respectivo ID.

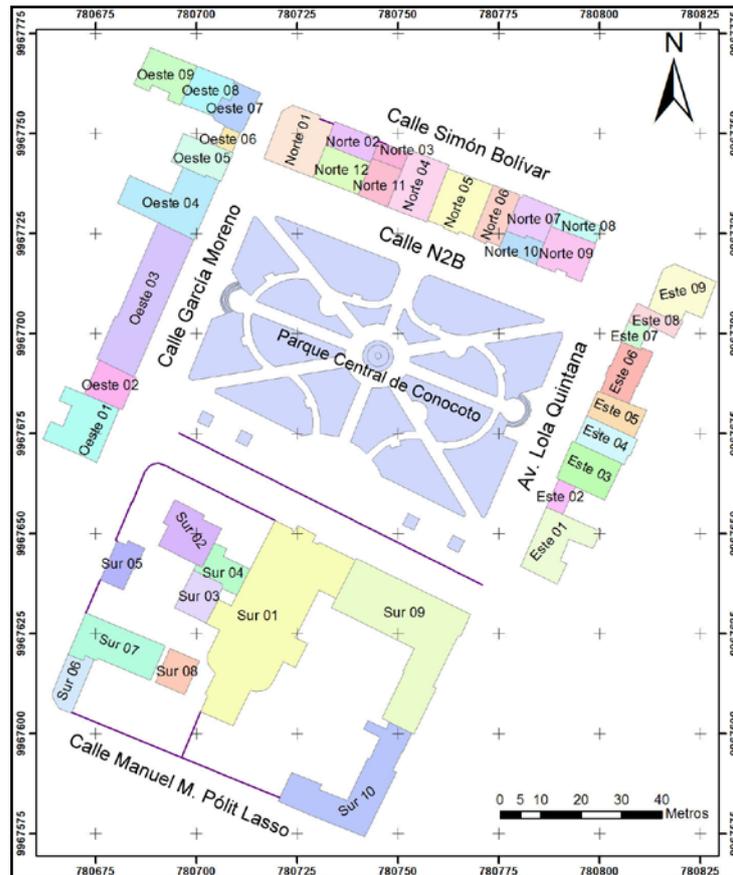


Figura 4. Mapa de ubicación de las edificaciones levantadas.

Fuente: DMAC, 2005.

4.2. RESTITUCIÓN Y RECTIFICACIÓN DE FOTOGRAFÍAS

La restitución y rectificación de las fotografías se llevó a cabo con técnicas fotogramétricas provistas en dos programas diferentes: Photomodeler Pro 6 y SketchUp 8 Pro, el primero se usó para la restitución de imágenes de fachadas (solo se observa el frente) y el segundo para la rectificación de fotografías de edificaciones esquineras (se identifican frente y fondo).

4.2.1. Restitución de imágenes de fachadas en PhotoModeler Pro 6

PhotoModeler, es un programa que permite obtener modelos tridimensionales a partir de fotografías tomadas desde distintos ángulos, valiéndose de una cámara calibrada como mecanismo de entrada; además, el software permite capturar detalles precisos en un periodo de tiempo corto.

Para la elaboración de un modelo 3D, se tomaron tres fotografías, las mismas que se despliegan en el visualizador del software para que el operador señale los puntos de interés a restituirse. Las marcas se transforman en puntos, líneas, curvas, cilindros o polígonos, consolidados en el espacio. El resultado es un modelo 3D que puede exportarse a cualquier software de modelado compatible con el formato de diseño asistido por computadora (CAD).

En la figura 5, se describen las etapas que forman parte del proceso de restitución de fotografías de fachadas en PhotoModeler Pro 6:

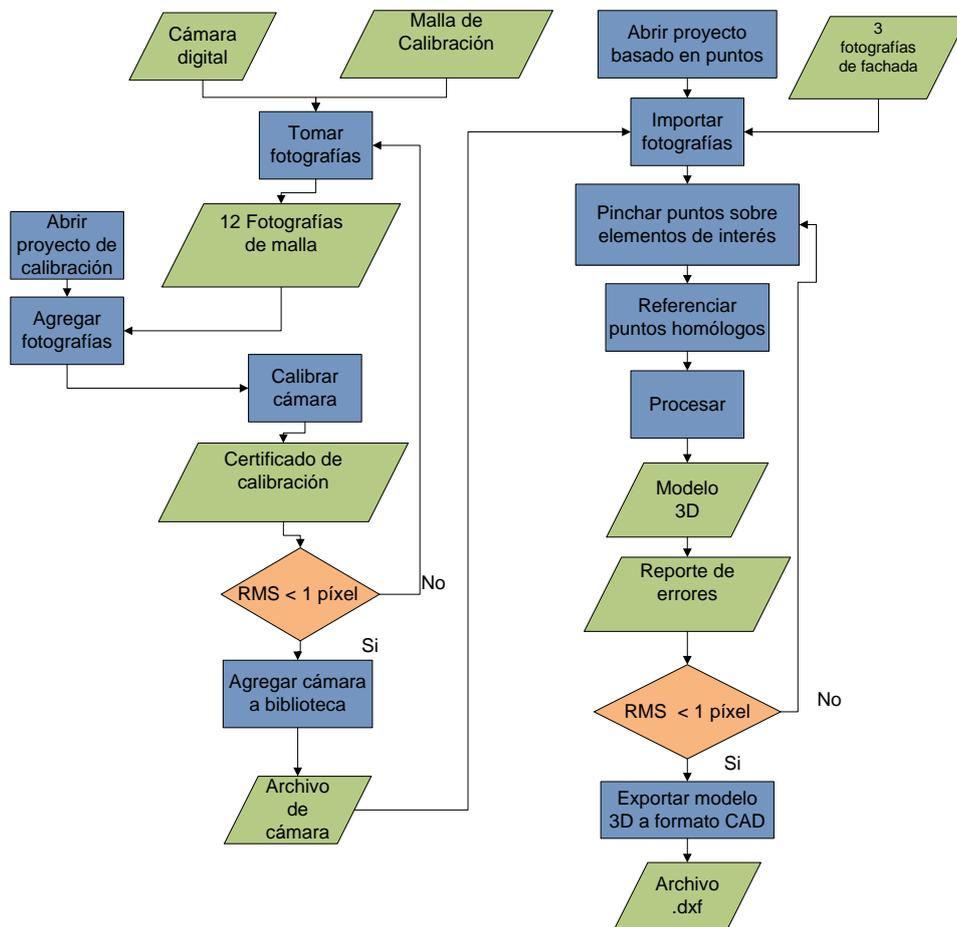


Figura 5. Etapas que intervienen en el proceso de restitución de fotografías de fachadas.

4.2.3. Rectificación de edificaciones esquineras

SketchUp es un software, que permite crear edificios, vehículos, personas o cualquier otro elemento en tres dimensiones; los edificios elaborados pueden georeferenciarse por medio de imágenes de Google Maps; así mismo, los modelos pueden subirse a la red y almacenarse en Google 3D Warehouse (Biblioteca de modelos 3D online) (Trimble, 2010). Generalmente, los programas de modelado 3D requieren un nivel básico de conocimientos de dibujo; no obstante, Google SketchUp está diseñado para que cualquier persona pueda usarlo, ya que es una herramienta muy intuitiva y amigable.

El programa cuenta con la opción adaptar fotografía (rectificar), la misma que, crea un modelo 3D a partir de una fotografía. Para crear un modelo en tres dimensiones a partir de una imagen, se debe calibrar la cámara virtual de SketchUp, de manera que se reconstruya la geometría de la cámara digital usada en la toma (Trimble, 2010).

En la figura 6, se describen las etapas que forman parte del proceso de rectificación de fotografías de edificaciones esquineras con SketchUp 8 Pro:

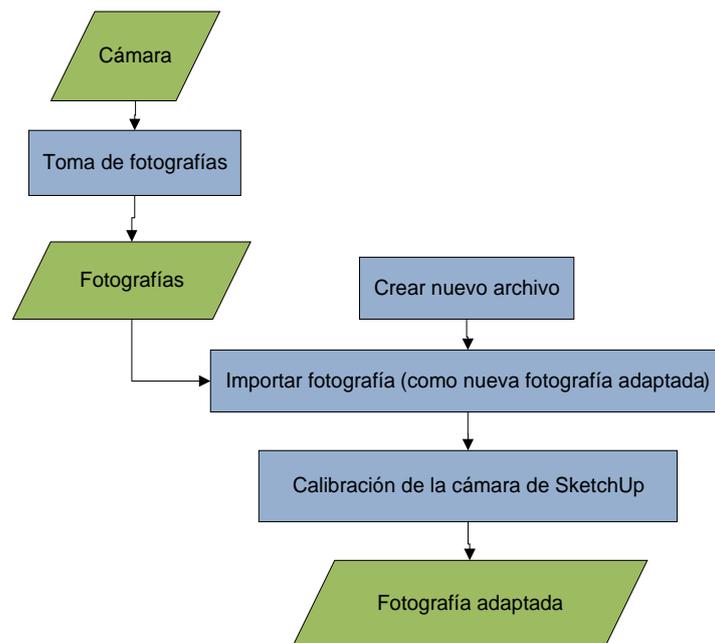


Figura 6. Etapas que intervienen en el proceso de rectificación de fotografías de edificaciones esquineras.

4.3. MODELADO 3D

Un modelo, es la interpretación de una realidad o fenómeno que se desarrolla en una área determinada (Maldonado C. & Gómez N., 2010).

En general, el modelado en tres dimensiones se refiere tanto a la creación tridimensional de objetos, como a la generación imágenes y animaciones 3D (Solórzano J. L., 2009). En la actualidad, existen varios programas que se adaptan a necesidades concretas en diferentes áreas de estudio; cada software posee diversas opciones para obtener modelos de la realidad, una de éstas técnicas es la fotogrametría.

De acuerdo a Solórzano J. L. (2009), se puede seguir el siguiente proceso, el cual se ilustra en la figura 7:

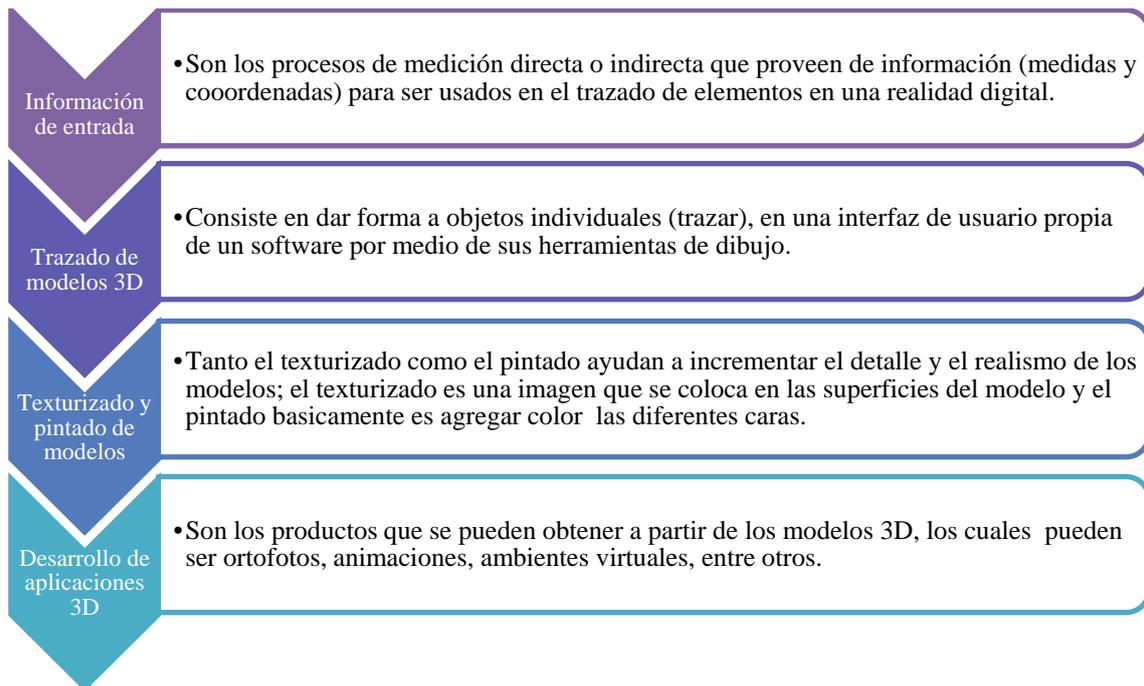


Figura 7. Proceso de Modelado 3D.

Para el modelado 3D se utilizó SketchUp 8 Pro, debido a que posee una amplia gama de herramientas de dibujo y texturizado. La elaboración de modelos en dicho programa incluyó la ejecución de 3 etapas:

- La primera dedicada al dibujo de las estructuras que conforman las diferentes edificaciones.
- La segunda que comprende la adición de texturas a los inmuebles previamente dibujados.
- La última etapa es la incorporación de los modelos texturizados en un modelo digital de elevación (MDE).

En la figura 8, se muestran las etapas que constituyen la elaboración de modelos 3D con SketchUp 8 Pro.

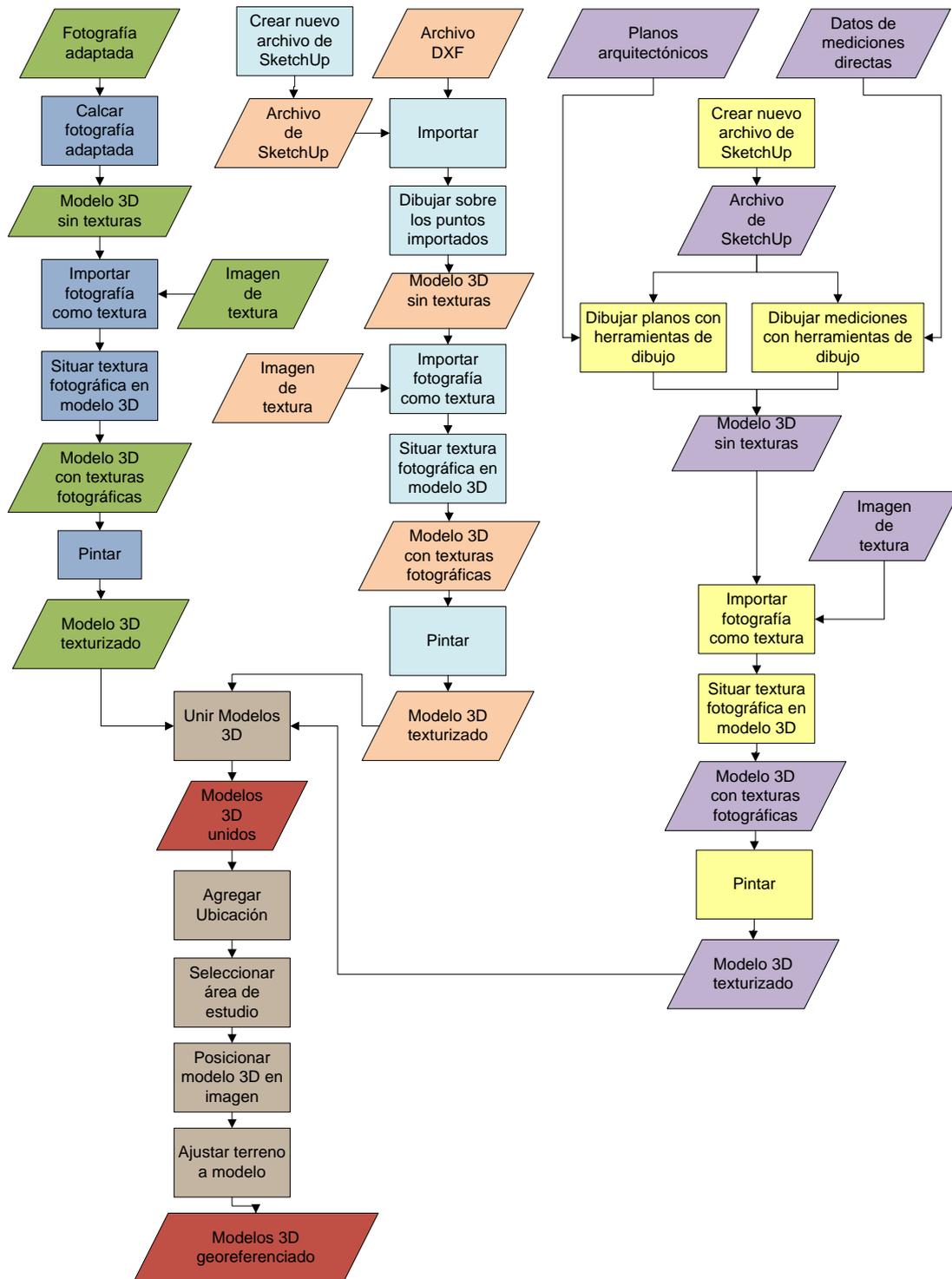


Figura 8. Etapas que comprenden el proceso de modelado 3D en SketchUp 8.

4.3.1. Trazado de modelos 3D

El trazado de un modelo 3D constituye esencialmente, el dibujo de líneas, arcos, áreas y volúmenes correspondientes a una edificación en un espacio tridimensional.

Para graficar las edificaciones, se usaron como insumo los puntos generados en la restitución de fachadas con PhotoModeler Pro 6, las fotografías adaptadas (rectificadas) para el levantamiento de inmuebles esquineros con SketchUp 8 Pro y los datos proporcionados por mediciones directas y planos.

4.3.2. Texturizado de modelos 3D

El texturizado, es básicamente, pintar el modelo 3D; para ello, se emplearon dos tipos de texturas, los materiales propios de Google SketchUp y los obtenidos a partir de fotografías.

4.3.3. Implantación de modelos 3D

Los modelos 3D, generalmente se colocan sobre un modelo digital de elevación para mostrar la topografía circundante a la edificación. El software SketchUp 8 Pro, dispone opciones para la georreferenciación e incorporación de información altitudinal a los modelos 3D; por lo que, se incorporó un MDE con su respectiva imagen satelital, a través de Google Maps, usando la herramienta "Agregar Ubicación", con la finalidad de situar las edificaciones modeladas en el terreno.

4.4. GENERACIÓN DE AMBIENTES VIRTUALES

Según Andrade L. & Narea P. (2011), un ambiente virtual es una interfaz que permite la interacción y visualización, en tiempo real, de objetos creados en un ordenador.

Para la elaboración de las diferentes realidades virtuales se exportaron los modelos 3d texturizados a lenguaje de modelado virtual (VRML) y posteriormente se abrieron los archivos en el bloc de notas para agregar los comandos de adición de desplazamiento e iluminación y de eliminación del efecto fantasma (traspasar los modelos). Una vez editados los archivos VRML, se procedió a subirlos al Geoportal IDEESPE y de esta manera, ponerlos a disposición del público en general (ver figura 9).

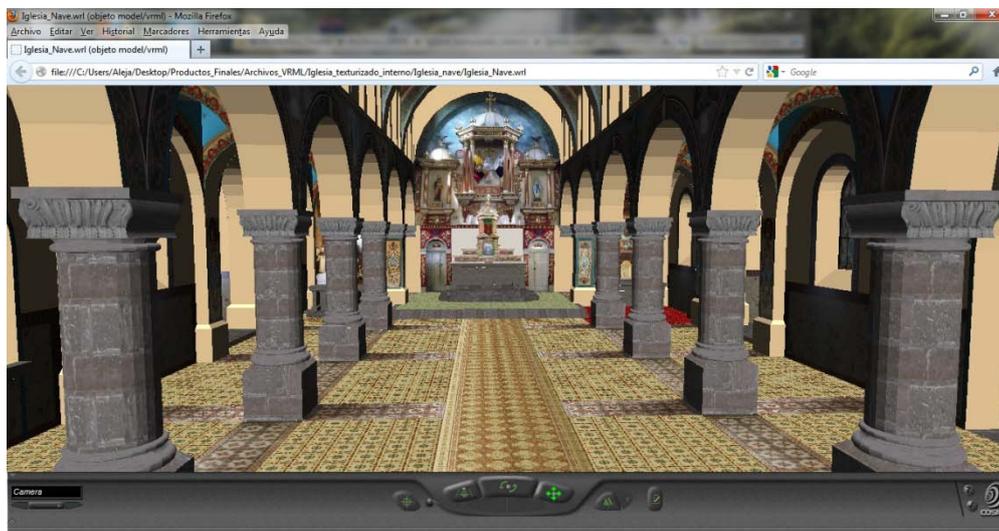


Figura 9. Visualización de modelo 3D de la nave de la iglesia en formato VRML.

Por otra parte, se generaron archivos PDF que incorporan modelos tridimensionales, para posteriormente entregar dichos documentos al Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Conocoto, con el fin de agregar el contenido a su página web (<http://conocoto.gob.ec/>) (ver figura 10).

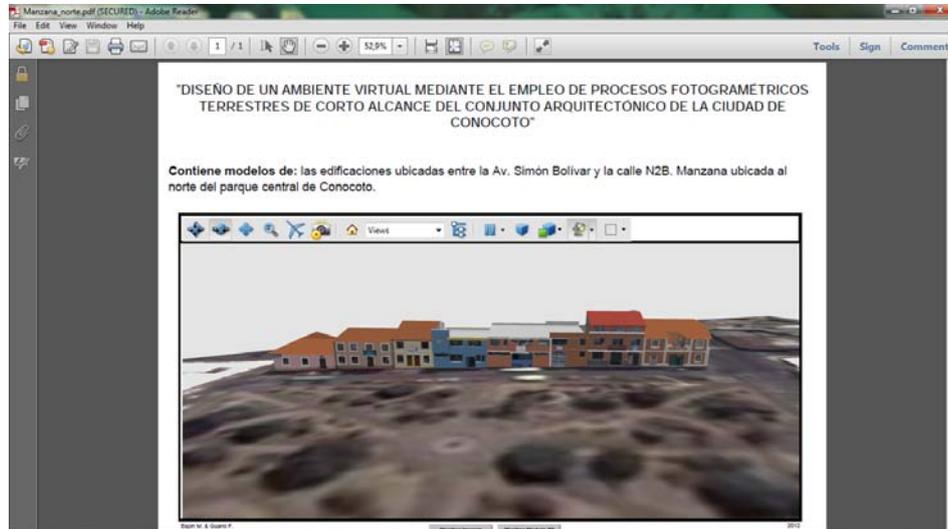


Figura 10. Visualización de modelo 3D de una edificación incorporado a un archivo PDF.

4.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El control de calidad tiene como finalidad evaluar la precisión de los modelos generados y así demostrar la no existencia de diferencias significativas entre las medidas obtenidas en los levantamientos y sus homologas efectuadas en el terreno con un medidor laser.

Se determinó el tamaño de la muestra de 54 elementos, para la ejecución de una prueba t de dos colas para medias de dos muestras relacionadas, con un tamaño del efecto de 0,5, un α de 0,05 y un poder $(1-\beta)$ de 0,95. En la prueba t se procedió a plantear la hipótesis:

$H_0: \mu_A - \mu_B = 0$. No existe variación entre las medidas tomadas con distanciómetro y las medidas obtenidas por fotogrametría.

$H_1: \mu_A - \mu_B \neq 0$. Existe variación entre las medidas tomadas con distanciómetro y las medidas obtenidas por fotogrametría.

Los resultados revelaron un estadístico t de -0,574, el mismo que se encuentra comprendido entre los valores críticos -2,0057 y 2,0057 para dos colas, lo que se traduce en la aceptación de la hipótesis nula de igualdad de medias, es decir que no existe variación entre las medidas tomadas con el distanciómetro y las medidas obtenidas por las diferentes técnicas fotogramétricas empleadas en el proyecto (ver tabla 2).

Tabla 2. Prueba t para muestras relacionadas

$\alpha = 0,05$	Diferencias relacionadas m					t	gl.	P bilateral
	Media	σ	Error típico de la media	95% IC de diferencia				
				Inferior	Superior			
(A - B) m	-0,0014815	0,0189505	0,0025788	-0,006654	0,003691	-0,574	53	0,568

Por otro lado, debido a errores aleatorios propios del proceso de medición, se obtuvieron (para el peor de los casos) diferencias máximas de +- 4 cm entre el conjunto de datos de referencia y el conjunto experimental, por lo que se optó usar la escala 1:200 cuya precisión de +- 6 cm absorberá estas variaciones.

5. PRODUCTOS

Se construyeron 40 modelos 3D texturizados correspondientes a cada una de las edificaciones levantadas, los mismos que se dividirán, debido al gran tamaño de los archivos, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Productos obtenidos en el proyecto

Producto	Extensión del archivo
40 modelos 3D con texturizado externo	.skp
Un modelo 3D de la Iglesia Parroquial de Conocoto con texturizado interno y externo.	
Un proyecto de ArcScene que incorpora el modelo digital de elevación 3D de la parroquia Conocoto texturizado con una imagen satelital.	.sxd
Un recorrido virtual (animación) de todos los modelos 3D levantados.	.avi
10 archivos VRML	.vrml
13 archivos en formato PDF	.pdf
Un poster con vistas, ilustraciones 3D interiores y exteriores de la Iglesia Parroquial de Conocoto en formato A1.	.layout
	.tiff
	.pdf
Un tríptico destinado a la difusión del proyecto en formato A4.	.layout
	.jpg
	.pdf

Manual de usuario que contiene instrucciones para navegar a través de los modelos 3D en formato VRML usando el plug-in Cosmo Player.	.pdf
Manual de usuario que detalla las instrucciones para manipular de los modelos 3D incorporados en un archivo PDF.	.pdf

6. CONCLUSIONES

- Para el levantamiento de las edificaciones situadas en el centro histórico de Conocoto, se utilizaron técnicas de restitución y rectificación fotogramétrica, generando así 40 modelos digitales 3D, cuyo error se ajusta al permitido por la escala 1:200, superando de esta manera los requerimientos de un levantamiento catastral.
- El relevamiento de la estructura interna de la Iglesia Parroquial de Conocoto, se apoyó en planos arquitectónicos y técnicas de medición directa, ya que la falta de iluminación en el recinto, el reducido espacio para efectuar la toma y las limitaciones de la cámara para registrar objetos lejanos, no permitieron el cumplimiento de los requisitos mínimos para la aplicación de los procesos fotogramétricos.
- La información patrimonial 3D disponible en línea, a través del Geoportal IDEESPE y la página web del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Conocoto, brinda al usuario un nuevo método interactivo de visualización espacial, incrementando así, la posibilidad de estudiar de forma remota, las edificaciones modeladas usando herramientas informáticas.
- La divulgación de la información obtenida en este proyecto, para los diferentes grupos de interés (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Conocoto y la sociedad), por medio de documentos ilustrativos y material multimedia, permitirán al público en general conocer la existencia de proyectos que describen el patrimonio arquitectónico tangible ubicado en esta zona de estudio.
- El visualizador Cosmo Player es un plug-in que brinda mejores opciones para la navegación en mundos 3D, ya que a pesar de no poseer una interfaz amigable, ofrece un rendimiento superior en comparación a otros complementos o programas gratuitos.
- Los modelos 3D incorporados a archivos PDF, constituyen una alternativa viable, sencilla y didáctica, para que sitios web sin infraestructura de datos espaciales, distribuyan, promuevan y difundan fácilmente el uso de la información geográfica.
- Los escenarios virtuales, constituyen una herramienta útil en la promoción turística de un lugar, ya que permiten a las personas, conocer el territorio a visitar.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade L. & Narea P. (2011). **Análisis, Diseño e Implementación de un Ambiente Virtual 3D y Objetos de Información para la Regional Austro del Ministerio de Turismo.** (Tesis de Pregrado). Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.

- Dirección Metropolitana de Avalúos y Catastros (DMAC). (2005). **Restitución del Distrito Metropolitano de Quito**. (CD-ROM).1:1000. Quito: Dirección Metropolitana de Avalúos y Catastros
- Eos System Inc. (2008). **Help File PhotoModeler Pro 6**. Recuperado de <http://info.photomodeler.com/photomodeler-demo>. Consultado el 10 de Junio de 2012.
- ESRI (2012). **Imagen satelital de la parroquia Conocoto**. Tamaño pixel 2 metros. Recuperado de <http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?useExisting=1>. Consultado el 15 de Julio de 2012.
- Instituto Metropolitano de Patrimonio Cultural (IMPQ). (2012). **Planos de la Iglesia Parroquial de Conocoto**. (Planos). 1:50. Quito: Instituto Metropolitano de Patrimonio Cultural.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2012). **División político administrativa por parroquias del Ecuador**. Recuperado de http://www.inec.gob.ec/estadisticas/index.php?option=com_remository&Itemid=&func=download&id=1368&chk=6422858559e038d0268b1f63bfc5e373&no_html=1&lang=es. Consultado el 26 de julio 2012.
- Jauregui L. (2005). **Nociones de Fotogrametría Digital**. Recuperado de <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/iluis/publicaciones/Fotogrametr%EDa/FOTOGRAMETRIA%20DIGITALparte1.pdf>. Consultado el 17 julio 2012.
- Jauregui L. (2006). **Introducción a la Fotogrametría**. Recuperado de <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/iluis/publicaciones/Fotogrametr%EDa/CAPITULO1.pdf>. Consultado el 17 de julio 2012.
- Maldonado C. & Gómez N. (2010). **Modelamiento y simulación de sistemas complejos**. Recuperado de http://www.carlosmaldonado.org/articulos/DI66_Admon__Modelamiento_web.pdf. Consultado el 23 de julio 2012.
- Solórzano J. L. (2009). **Herramientas de Modelado 3D**. Recuperado de <http://www.slideshare.net/gbgarcia/herramientas-de-modelado-3d-2455690>. Consultado el 15 de agosto de 2012.
- Trimble. (2010). **Ayuda de SketchUp**. Recuperado de <http://support.google.com/sketchup/?hl=es>. Consultado el 7 de julio de 2012.