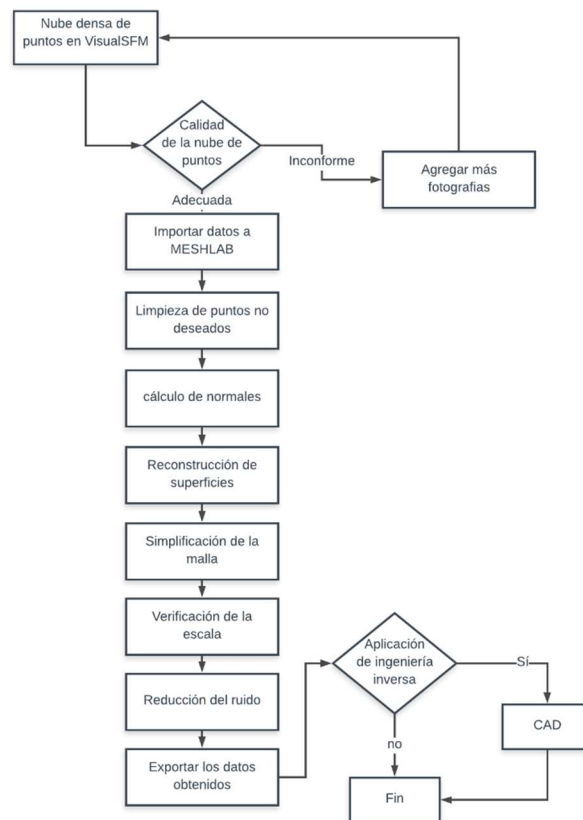


POST-PROCESADO DE LA NUBE DE PUNTOS OBTENIDA EN VISUALSFM UTILIZANDO MESHLAB

Se describirá el proceso para el procesamiento de la nube densa de puntos obtenida en VisualSFM, se utilizarán algunas herramientas que ofrece el software Meshlab, estas permiten la limpieza de los datos, cálculo de las normales de los puntos, unión de nubes de puntos, reconstrucción de superficies, simplificación de la superficie, reducción del ruido y exportación de los datos.

Figura 1

Diagrama de flujo para el post-procesado de la nube de puntos



Nota. basado en Cajas Naranjo, H. (2016, julio)

1. Importar datos a Meshlab

El inicio del proceso de reconstrucción de la superficie tridimensional es la importación del archivo generado mediante VisualSFM que contiene la nube densa de puntos, este archivo tiene formato .ply, para esto se debe hacer clic en **File / import Mesh...**, Seleccionar el archivo de tipo objeto 3D generado en VisualSFM.

Figura 2
Importar datos a MeshLab

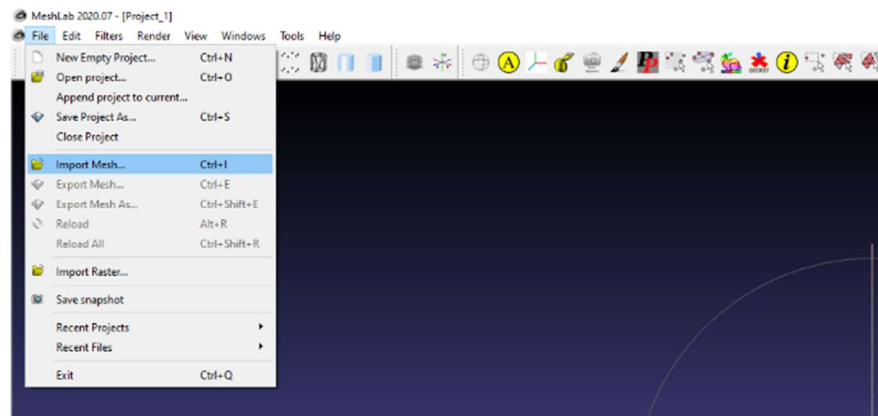
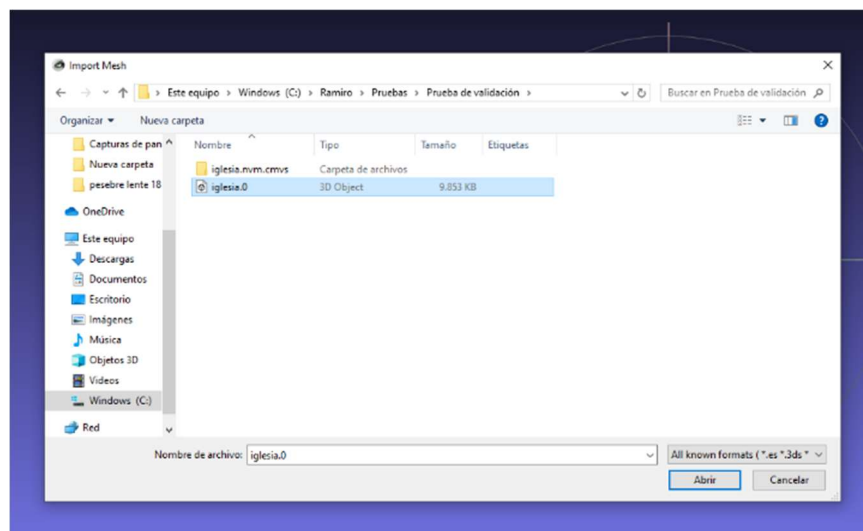
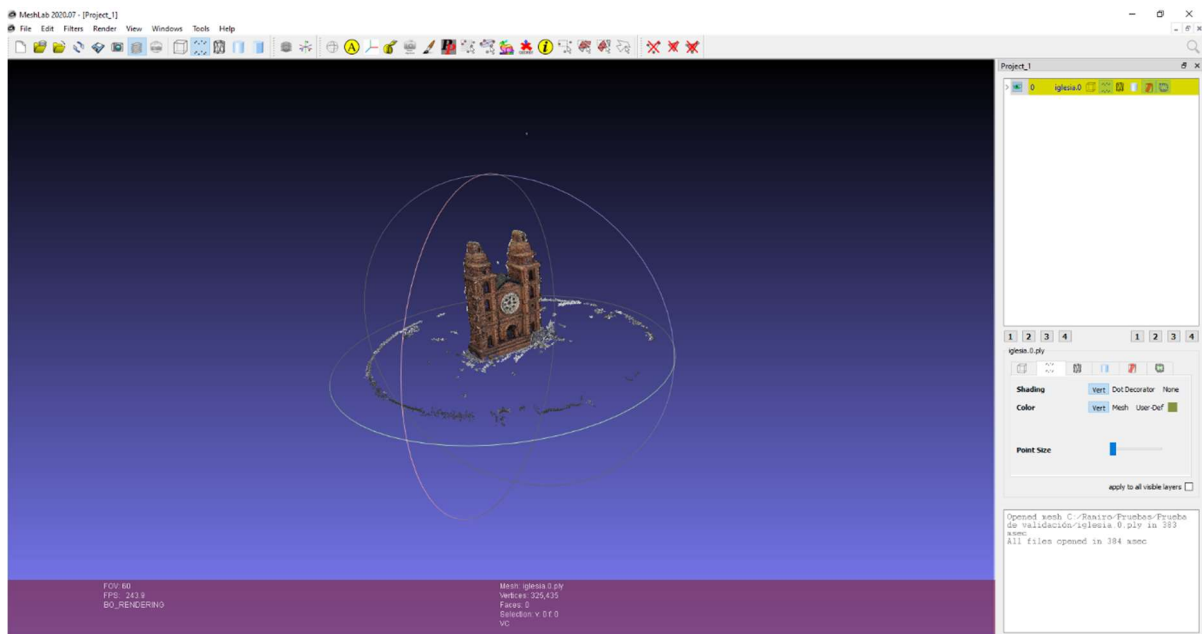


Figura 3
Selección del objeto a procesar.



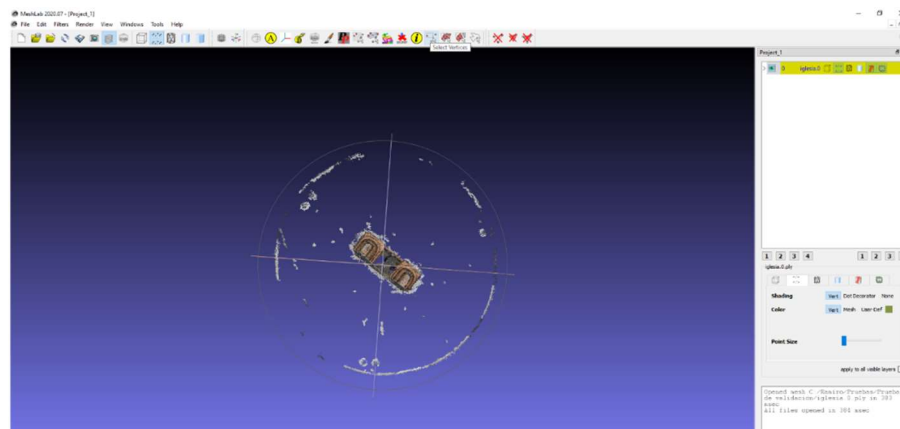
Se cargará la nube densa de puntos en el entorno de Meshlab. Al lado derecho de la pantalla se encuentra un panel donde puede seleccionar el archivo y el tipo de visualización que desea.

Figura 4
Objeto en el entorno de MeshLab



Con el trackball sobrepuesto en el objeto se rota, utilícelo para verificar la geometría desde todos los puntos de vista, presionando la tecla **Ctrl + Clic izquierdo** se desplaza el objeto.

Figura 5
Objeto en el entorno de MeshLab



2. Limpieza de puntos no deseados

Identifique los puntos no deseados para la reconstrucción, en la barra de herramientas se encuentra la opción **Select Vértices** con la que se puede seleccionar los puntos a eliminar, es necesario clicar y deslizar el cursor sobre estos puntos de tal forma que queden en el rectángulo de selección, los puntos seleccionados se mostraran de color rojo y para eliminarlos se hace clic en la herramienta **Delete the current set of selected vértices**.

Figura 6

Herramienta Select Vertices

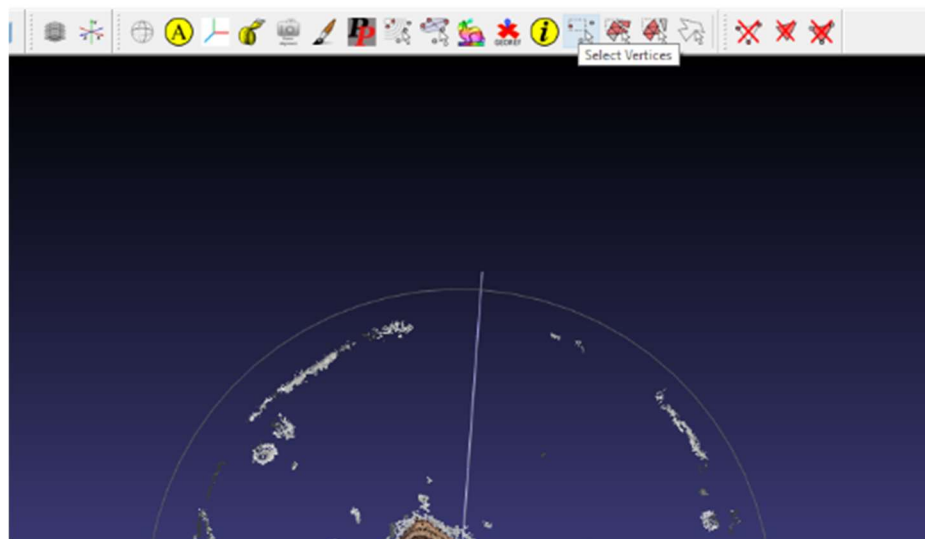
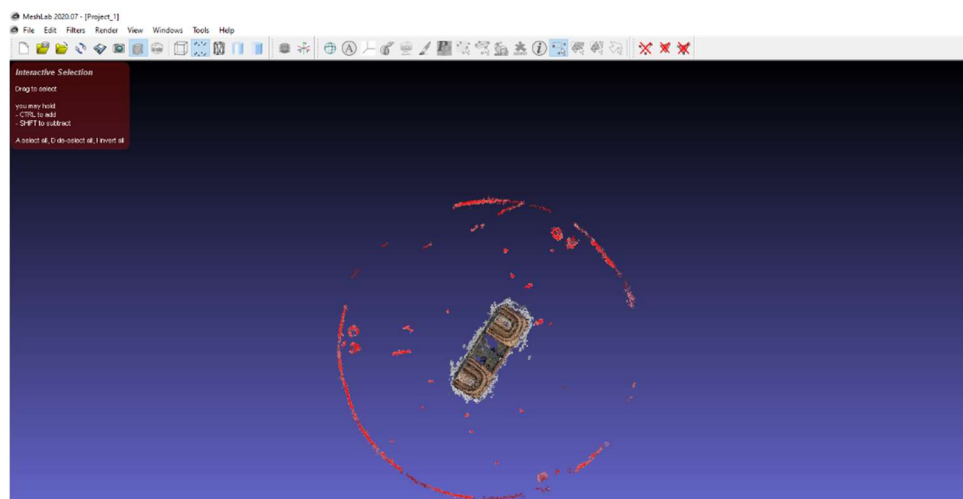


Figura 7

Selección de puntos a eliminar



3. Cálculo de normales

La nube de puntos representa la geometría del objeto reconstruido, pero en esta no se encuentran caras, para la reconstrucción de la superficie es importante saber cual es la orientación de cada uno de los puntos, Meshlab ofrece una herramienta que calcula la normal de un plano asociado a cada punto que genera a partir de los puntos vecinos.

Para calcular las normales vaya a las herramientas de **Filters / Normals, Curvatures and Orientation / Compute normals for point sets**, indique el número de puntos vecinos con el que se estimaran las normales, el valor por defecto es 10 y por lo general se obtienen buenos resultados, cámbielo en caso contrario, según el numero y densidad de puntos de la nube.

Figura 8
Cálculo de normales

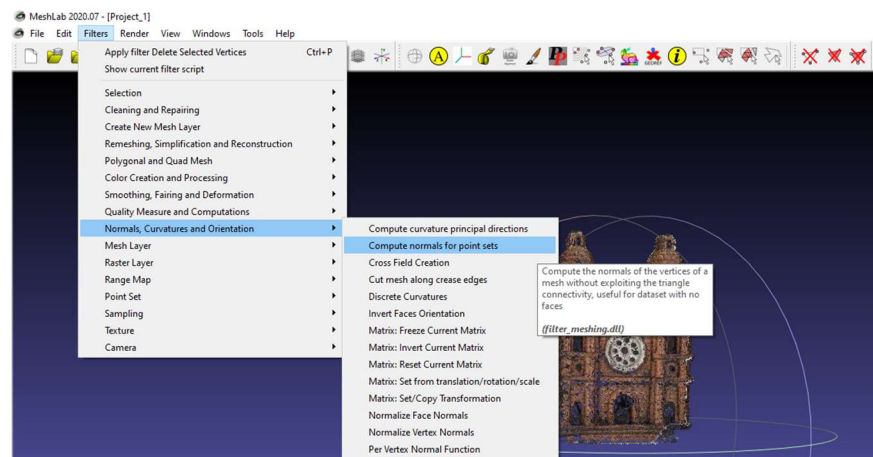


Figura 9
Opciones para el cálculo de normales

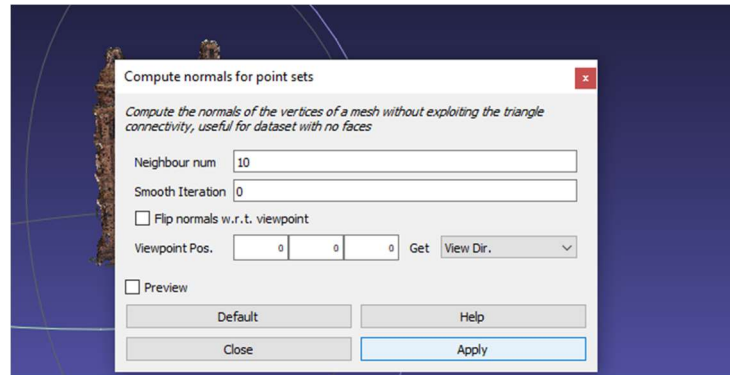


Figura 10
Activar vista de las normales generadas

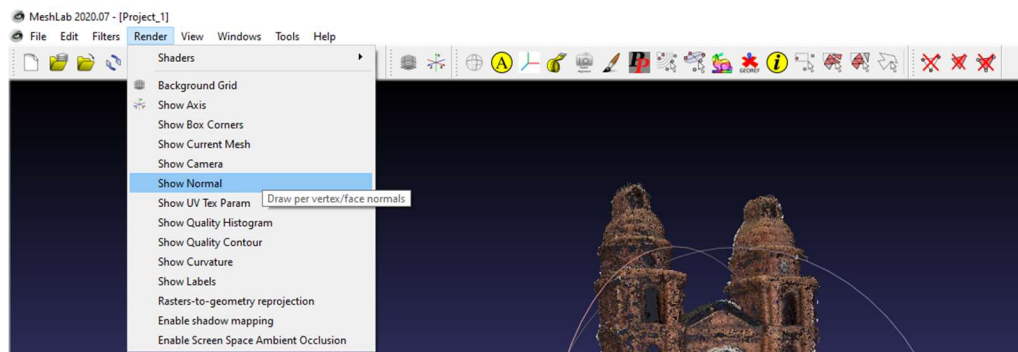


Figura 11
Vista de normales

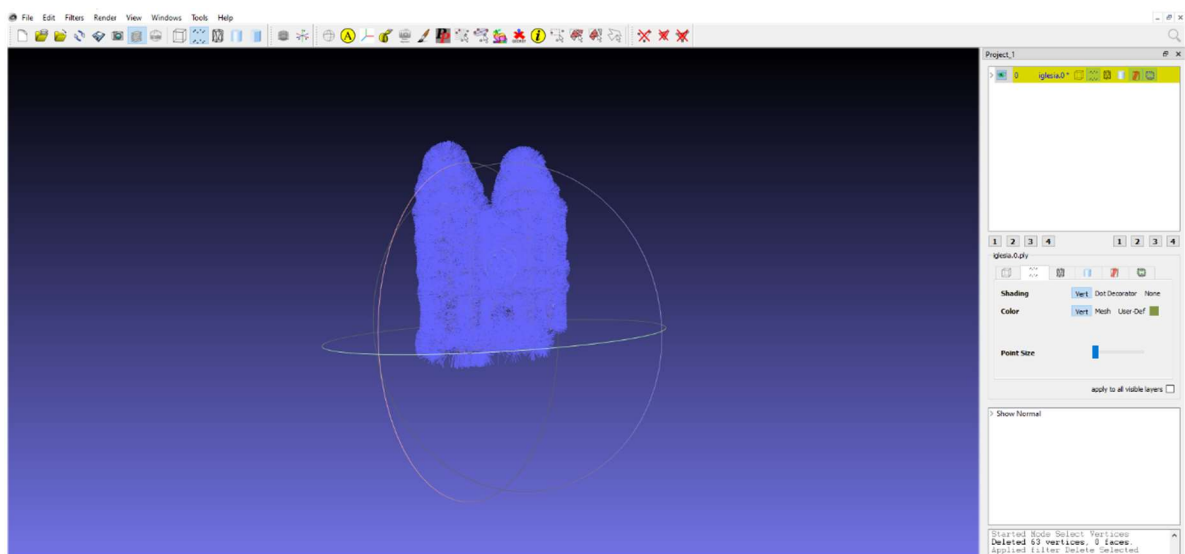
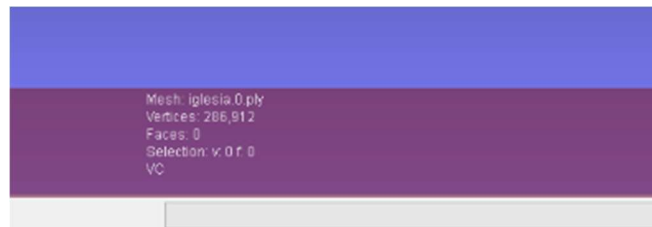


Figura 12

Número de vértices y caras antes de la reconstrucción de superficie



4. Reconstrucción de superficies

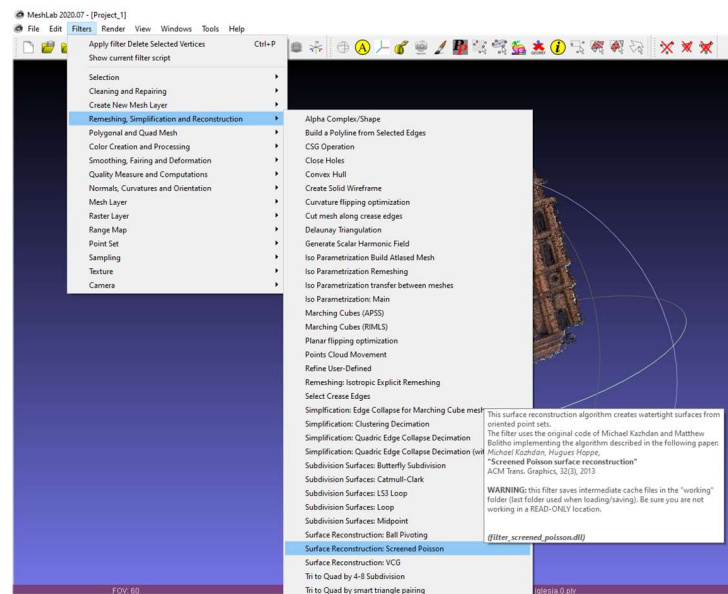
En este momento contamos con una nube de puntos los cuales fueron orientados en el paso anterior, con estos datos podemos valernos para realizar una reconstrucción de la superficie con el algoritmo denominado *Screened Poisson Surface Reconstruction* implementado y descrito en el documento Screened poisson surface reconstruction. ACM Transactions on Graphics por Kazhdan, M., & Hoppe, H. (2013).

La construcción de la superficie por Poisson se basa en determinar una función implícita χ que asigne como 1 los puntos que se encuentren dentro de la superficie, como 0 los de fuera, y desechar estos últimos. Los datos de entrada son cada uno de los puntos x_i de la nube X y los vectores normales $-i$ asociados, los cuales forman el campo vectorial L . La idea principal es que existe una relación entre los puntos de la nube orientados y la función implícita del modelo. Concretamente, el gradiente de la función es un campo vectorial, que es 0 en casi todas partes excepto en los puntos cercanos a la superficie. De esta manera los puntos orientados pueden ser tratados como puntos del gradiente de la función implícita del modelo (Alameda S., 2013, p.15).

Este documento no pretende explicar el detalle matemático de cada algoritmo, para esto diríjase a los documentos anteriormente referenciados, lo que se busca es dejar documentado

el proceso para generar la reconstrucción valiéndonos del software libre Meshlab que cuenta con estos algoritmos integrados, para utilizar *Screened Poisson Surface Reconstruction* haga clic en *Filters / Remeshing, Simplification and Reconstruction / Surface Reconstructions: Screened Poisson*. Figura

Figura 13
Aplicar Surface Reconstructions Screened Poisson



Los valores requeridos por la función varían dependiendo los datos de entrada, haciendo clic en Help se obtienen algunas recomendaciones. Figura

Figura 14
Ajustes para Reconstructions Screened Poisson

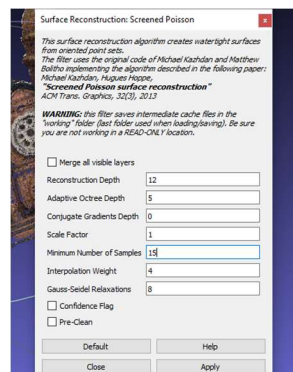
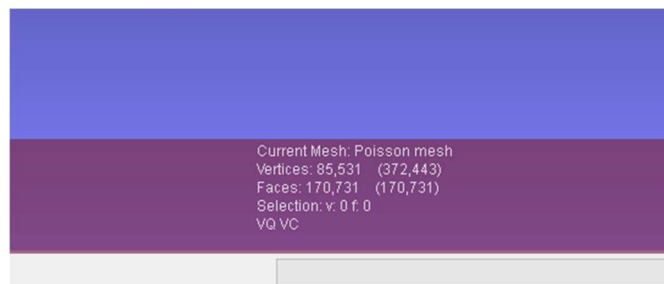


Figura 15
Superficie reconstruida



Figura 16
Número de vértices y caras de la superficie reconstruida



5. Simplificación de la malla

La superficie generada en el paso anterior está formada por vértices y caras que reproducen la geometría del objeto, posiblemente al terminar el proceso de reconstrucción anterior aparezcan superficies que no coinciden con el objeto, estas se pueden limpiar al igual que se hizo con los puntos no deseados en la nube inicial utilizando la herramienta **Select faces** en lugar de Select Vértices.

El número de caras y vértices de la superficie pueden ser reducidos, lo que supone a su vez una reducción en el gasto computacional para el procesado de esta, MeshLab cuenta con herramientas de simplificación que modifican la distribución de los vértices y las caras sin

modificar la topología del objeto, para aplicar hacer clic en **Filters / Remeshing, Simplification and Reconstruction / Simplification: Quadric Edge Collapse Decimation**

Figura 17
Aplicar simplificación de malla

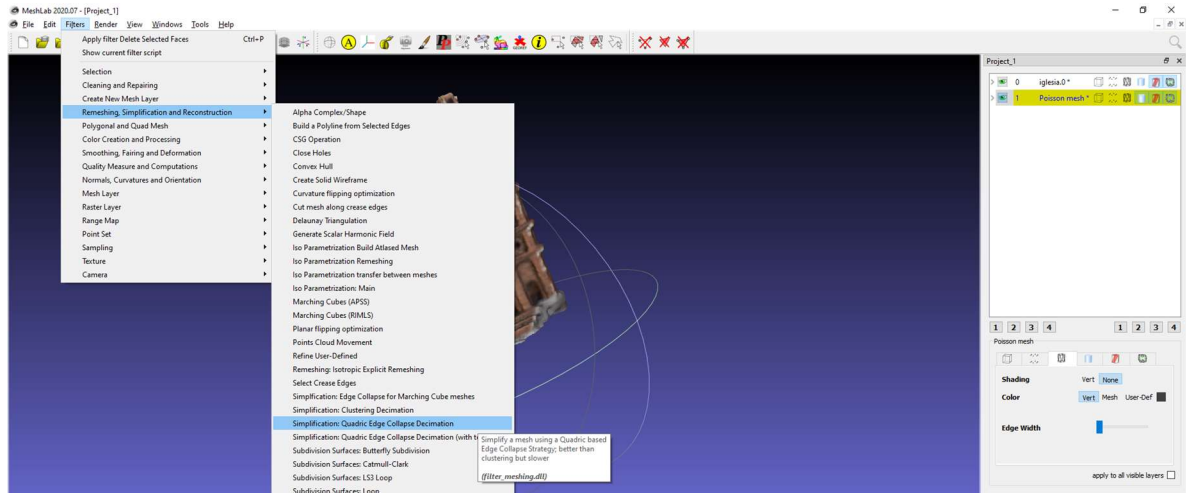


Figura 18
Ajustes para simplificación de malla

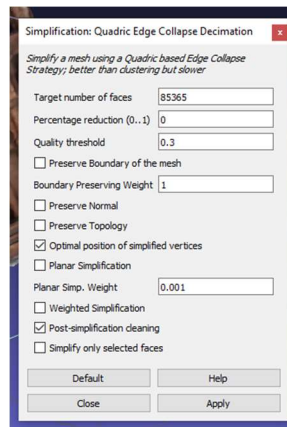


Figura 19
Comparación numero de caras y vértices de la superficie antes y después de simplificación

Current Mesh: Poisson mesh	Current Mesh: Poisson mesh
Vertices: 85,531 (372,443)	Vertices: 42,782 (329,694)
Faces: 170,731 (170,731)	Faces: 83,523 (83,523)
Selection: v: 0 f: 0	Selection: v: 0 f: 897
VQ VC	VQ VC

6. Verificación de la escala

Hasta el momento se cuenta con una malla que representa la geometría del objeto, sin embargo, dimensionalmente es probable que varié con respecto al objeto original, utilizando la herramienta de medición de MeshLab puede verificar las dimensión de la superficie reconstruida, si es necesario modificar la escala para ajustar al objeto real deberá contar por lo menos con una medida de este y compararla con la misma medida en la superficie reconstruida para obtener un factor de escala, luego ir en la barra de menú a ***Filters / Normals, Curvature and Orientation / Transforms Scale, Normalice.***

Tome el valor real de la medida y divídalo en el valor de la medida en MeshLab para obtener el factor de escala. Por ejemplo, para el objeto de la figura se midió desde la parte más alta hasta la base de manera vertical, el valor del objeto físico es de 93mm y en MeshLab el valor obtenido fue 2.5 mm. Aplique la formula e ingrese el factor de escala en los tres ejes.

$$\text{Factor de escala} = \frac{\text{Longitud real}}{\text{Longitud malla reconstruida}}$$

$$\text{Factor de escala} = \frac{93}{2.5}$$

$$\text{Factor de escala} = 37.2$$

Figura 20
Aplicar transformación de escala

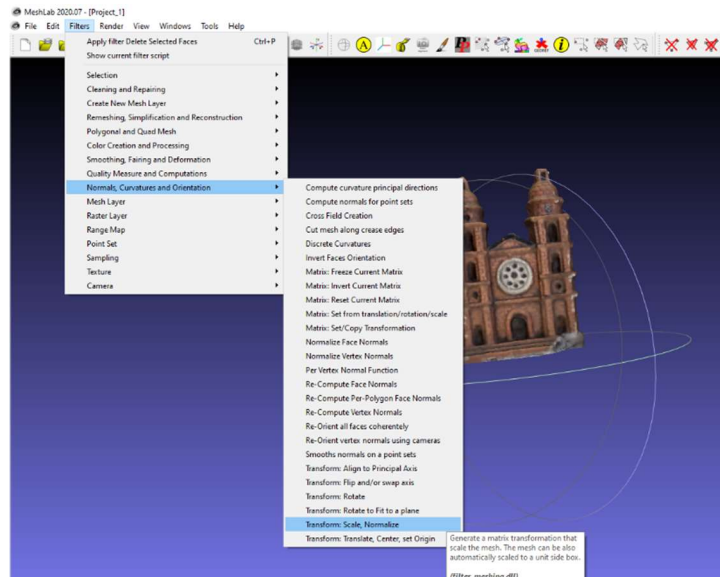
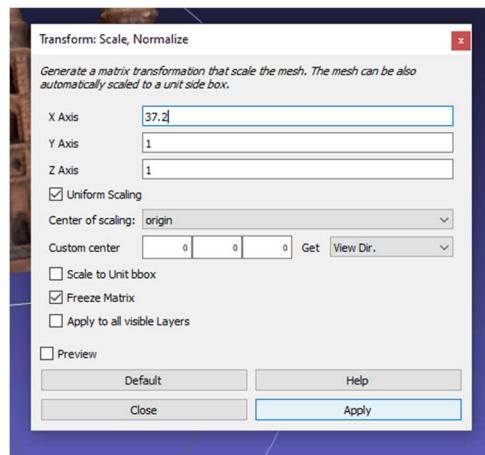


Figura 21
Transformación del factor de escala



7. Reducción del ruido

Puede que durante la reconstrucción se creen pequeñas superficies aisladas al objeto, o detalles mal formados, esto es típico al trabajar con nubes de puntos, para reducir o suavizar esto se utiliza un algoritmo de filtrado basado en la herramienta descrita en el artículo *Signal Processing Approach To Fair Surface Design* (Taubin, G. 1995).

La herramienta se encuentra en **Filters / Smoothing, Fairing and Deformation / Taubin**

Smooth.

Figura 22
Aplicar filtro Taubin Smooth

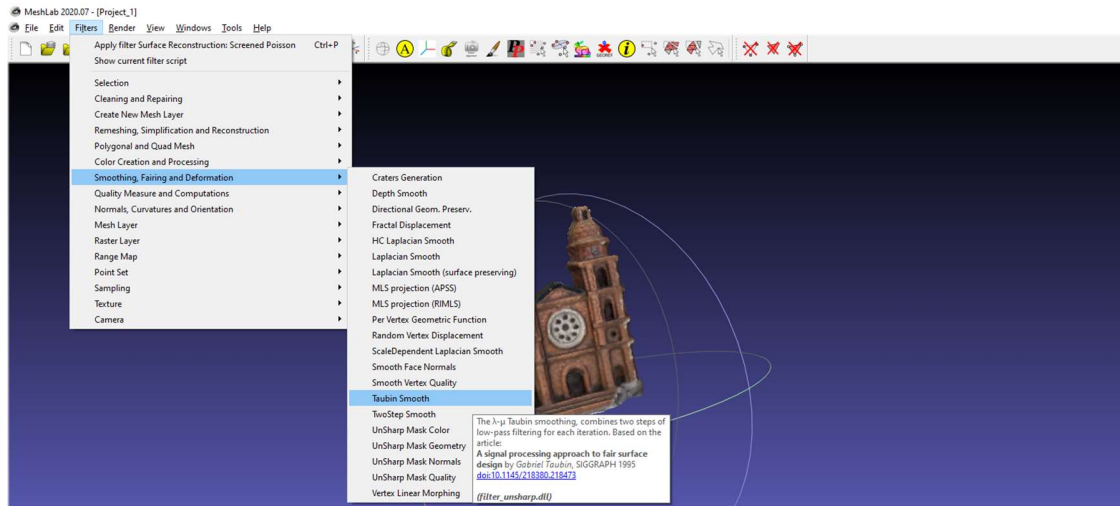
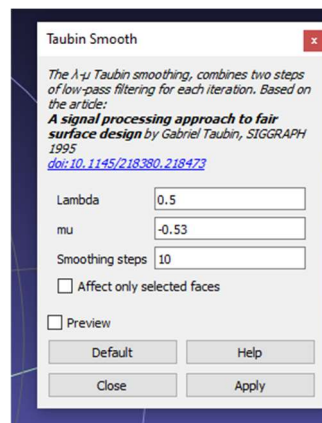


Figura 23
Valores por defecto Taubin Smooth



8. Exportar los datos

La malla creada puede ser exportada en diferentes formatos que permiten la representación tridimensional, es necesario tener claro la aplicación en la que se utilizará el objeto y la compactibilidad con el software que se vaya a utilizar. En este punto el resultado puede ser utilizado directamente para impresión 3D, animación, o video juegos, también puede ser

mejorado manualmente por medio de otros softwares de modelado tridimensional como Blender que permite suavizar las superficies mediante herramientas de esculpido, de uso típico en este tipo de aplicaciones.

Figura 24
Exportar datos

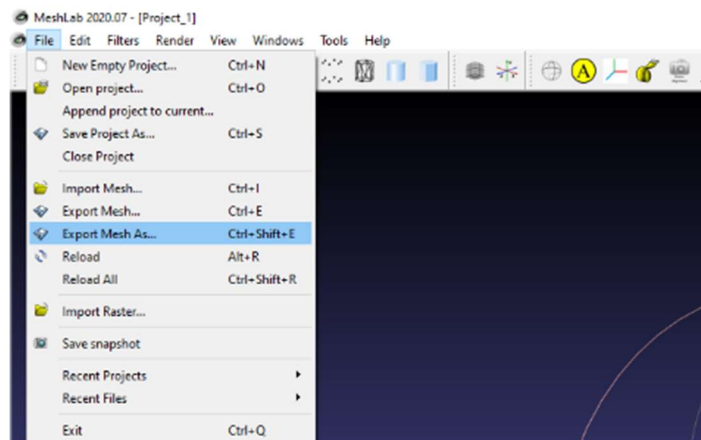
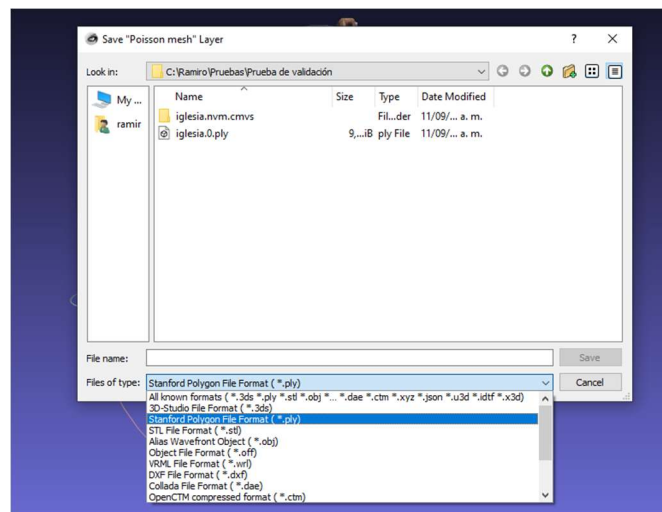


Figura 25
Formatos de salida



Referencias

- Cajas Naranjo, H. (2016, julio) Digitalización de la nube de puntos 3D generada por el scanner Picza LPX-60 para el modelamiento y manufactura de productos industriales mediante algoritmo básico de Matlab y software libre Meshlab.(Tesis de pregrado) Departamento de ciencias de la energía y mecánica, Universidad de las fuerzas armadas. Ecuador.
- Kazhdan, M., & Hoppe, H. (2013). Screened poisson surface reconstruction. ACM Transactions on Graphics (ToG), 32(3), 1-13
- Sánchez Alameda, I. (2013). Metodología para la gestión y explotación de datos espaciales obtenidos con sistemas de captura masiva de puntos.
- Taubin, G. (1995, September). A signal processing approach to fair surface design. In *Proceedings of the 22nd annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (pp. 351-358).