



HORUS

3D SCANNING FOR EVERYONE

GUÍA DE POST-PROCESADO DE LA
NUBE DE PUNTOS

Índice

- 3** Reconstrucción de la nube de puntos con MeshLab
- 16** Reconstrucción de la nube de puntos con CloudCompare

1 Reconstrucción de la nube de puntos con MeshLab

Introducción a MeshLab¹

MeshLab es una herramienta avanzada de procesamiento de mallas 3D y un sistema de software muy utilizado en campos más técnicos de desarrollo 3D y manejo de datos. MeshLab es libre y es software de código abierto, bajo la licencia GNU (GPL). Se utiliza como un programa completo y como biblioteca para otros softwares.

MeshLab ha sido desarrollado por el centro de investigación ISTI-CNR; inicialmente, MeshLab fue creado como un trabajo de curso en la Universidad de Pisa a finales de 2005. Se trata de un sistema orientado a la transformación de modelos 3D no estructurados típicos que se presentan en la digitalización en 3D de tuberías. MeshLab está orientado a la gestión y procesamiento de grandes mallas no estructuradas y proporciona un conjunto de herramientas para la edición, limpieza, reparación, inspección, representación y conversión de este tipo de mallas.

Los filtros de limpieza automática de mallas incluyen: la eliminación de duplicados, vértices sin referencias, aristas no múltiples, caras y vértices nulos. Las herramientas de remallado se basan en la medida del error cuadrático medio, superficies de subdivisión y algoritmos de reconstrucción de la superficie de las nubes de puntos en función de la técnica "ball-pivoting" y en el enfoque de reconstrucción de la superficie de Poisson. Para la eliminación de ruido, MeshLab posee varios tipos de filtros de suavizado y herramientas para el análisis y visualización de la curvatura.

Incluye una herramienta para el registro de los mapas de distribución múltiples basados en el punto más cercano usando un algoritmo iterativo. MeshLab también incluye un sistema interactivo que permite cambiar de forma interactiva el color de una malla para definir selecciones y para suavizar directamente características provocadas por el ruido.

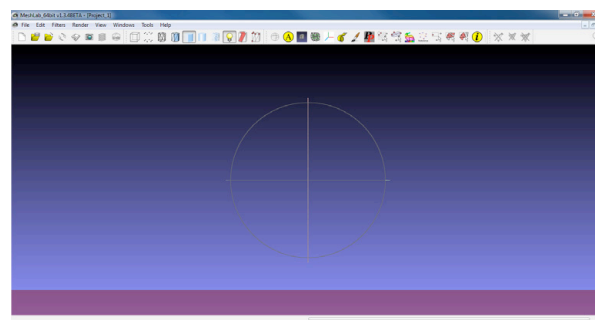
MeshLab está disponible para la mayoría de plataformas, incluyendo Windows, Linux, Mac OS X, y con una funcionalidad reducida para iOS y Android. El sistema es compatible con los siguientes formatos, tanto de entrada como de salida: PLY, STL, OFF, OBJ, 3DS, VRML 2.0, U3D, X3D y COLLADA.

MeshLab también permite importar nubes de puntos reconstruidas usando Photosynth.

Abrir ficheros PLY en MeshLab

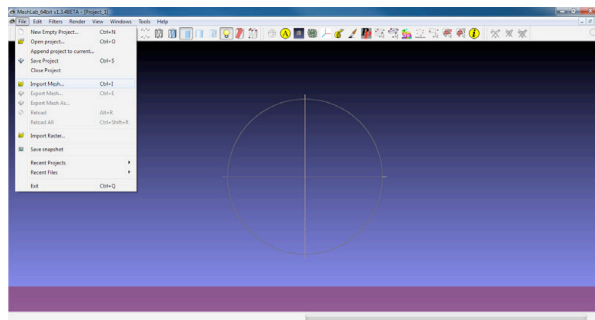
Abre la nube de puntos en MeshLab. Esta nube de puntos tiene la extensión ".ply".

Abrir MeshLab: en la pantalla principal de la aplicación puedes ver un menú en la parte superior, debajo de este una barra de tareas y, por último, un visualizador 3D que ocupa la mayor parte de la ventana.



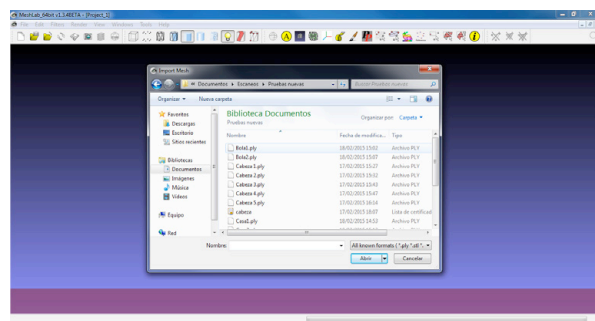
Reconstrucción de la nube de puntos con MeshLab

Importar archivo Mesh: *Archivo > Importar Mesh (File > Import Mesh)*.



Elegir el modelo de puntos (.ply): en la ventana *Importar Mesh* selecciona el archivo de la nube de puntos que quieras importar y pulsa el botón *Abrir*.

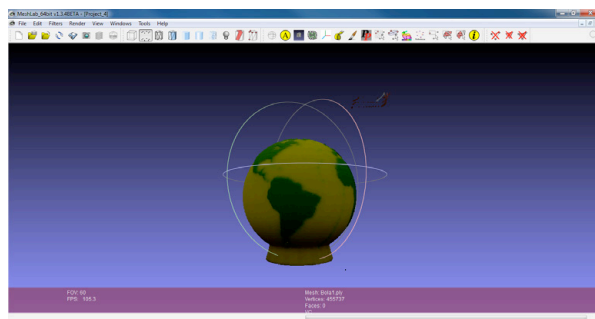
El software de escaneo Horus guarda por defecto las nubes de puntos como archivos con formato “.ply”.



Visualización de la nube de puntos: una vez importado el archivo, se visualiza en 3D la representación en el espacio de dicha nube.

Si la nube de puntos es resultado de un escaneo con textura, la nube de puntos aparece con los colores de dicho escaneo.

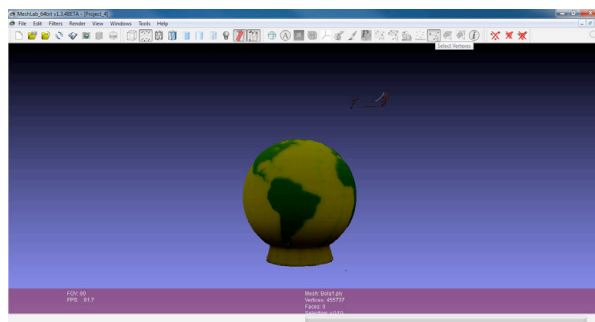
Si, por el contrario, es resultado de un escaneo sin textura se muestran todos los puntos del color elegido a la hora del escaneo.



Limpieza de la nube de puntos

Es posible que la nube de puntos no sea perfecta y contenga puntos de ruido o, simplemente, puntos que no quieres que formen parte del modelo final. MeshLab permite seleccionar y eliminar puntos de la nube.

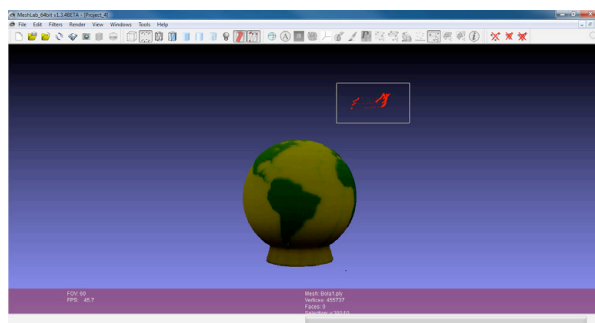
Herramienta Seleccionar vértices: en la barra de tareas superior está la herramienta **Seleccionar vértices (Select vertex)** que permite seleccionar puntos situados en un espacio de tres dimensiones con un rectángulo, que es una figura de dos dimensiones.



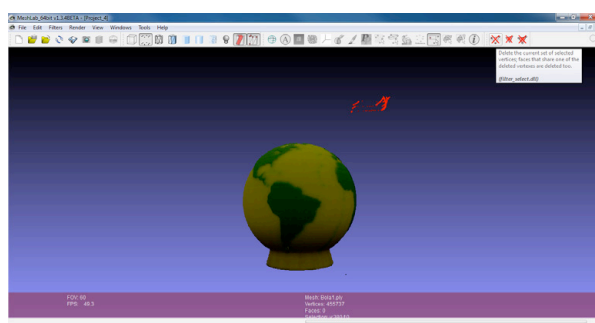
Seleccionar los vértices: puedes añadir más puntos a la selección pulsando la tecla **Control** y manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón mientras desplazas el cursor. Junto al cursor aparece el símbolo “+”.

También puedes deseleccionar los puntos que hayas seleccionado anteriormente pulsando la tecla **Shift** y manteniendo pulsado mientras se desplaza el botón izquierdo del ratón. Junto al cursor aparecerá el símbolo “-”. Manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón y desplazando el cursor por la pantalla puedes seleccionar los vértices. Los vértices seleccionados se muestran en color rojo.

Una vez seleccionados los vértices que quieres eliminar, deja de pulsar el botón izquierdo del ratón.

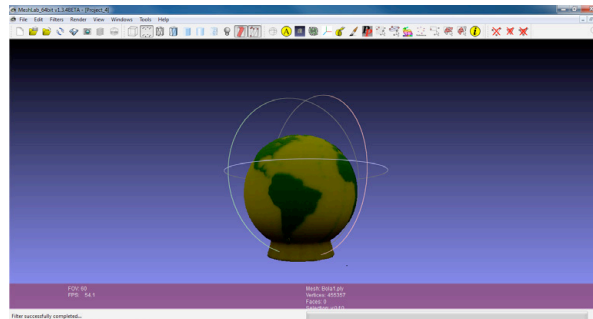


Eliminar los vértices no deseados: una vez seleccionados los vértices que quieres eliminar, pulsa en **Eliminar vértices seleccionados (Delete Selected Vertex)** situada en la barra de herramientas.



Reconstrucción de la nube de puntos con MeshLab

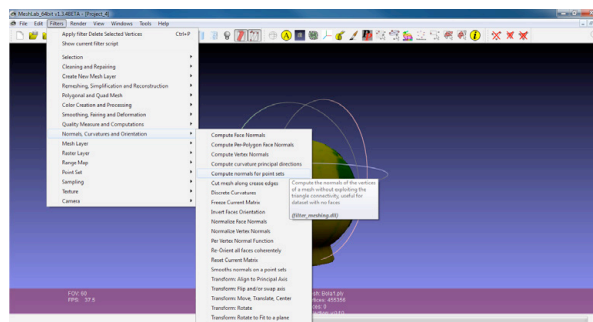
Nube de puntos limpia: es importante que la nube de puntos que quieres reconstruir no tenga mucho ruido. El algoritmo de reconstrucción filtra parte del ruido pero si la nube tiene muchos puntos que no pertenecen al modelo, el resultado de la reconstrucción puede no ser preciso.



Procesado de la nube de puntos

Para procesar una nube de puntos es necesario crear las normales del objeto:

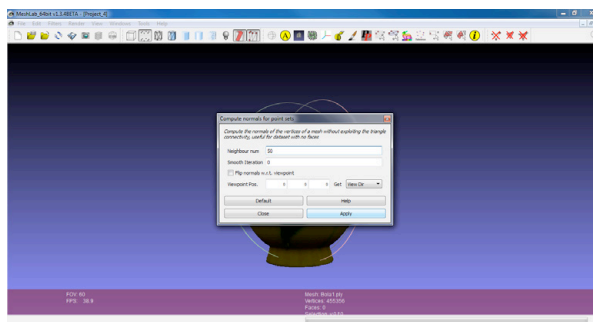
Menú calcular normales: *Filtros > Normales, Curvaturas y Distorsión > Calcular normales para grupos de puntos (Filters > Normals, Curvatures and Distortion > Compute normals for point sets).*



Ventana calcular normales: en esta ventana tienes que modificar el valor del **Número de vecinos (Neighbour number)** que representa el número de puntos cercanos que debe tener uno de ellos para calcular la normal.

Se recomienda utilizar 10, 50 o 100 como valor inicial. Es posible que tengas que modificar este valor más adelante. Se recomienda mantener el resto de valores por defecto.

Una vez modificado el parámetro, pulsa el botón **Aplicar (Apply)**. El programa tarda unos segundos en calcular las normales. Cuando termine, pulsa el botón **Cerrar (Close)**.

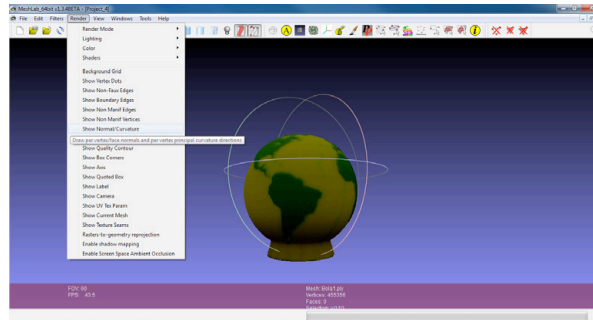


Reconstrucción de la nube de puntos con MeshLab

Mostrar las normales: por lo general, las mejores reconstrucciones se consiguen cuando el sentido de las normales es hacia fuera del objeto.

Para mostrar las normales pulsa en la pestaña **Render > Mostrar Normales/Curvatura (Render > Show Normals/Curvature)**.

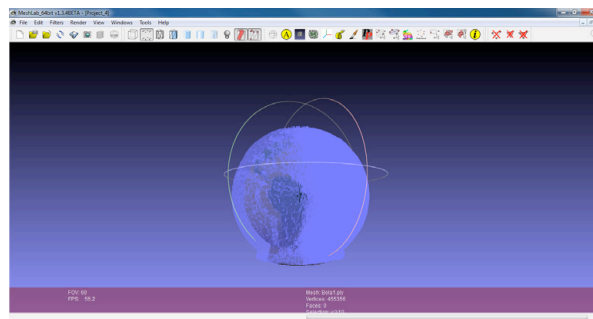
Para ocultarlas, vuelve a pulsar en la misma pestaña.



Ver las normales: las normales aparecen representadas por líneas de color azul sobre la superficie de la nube de puntos.

No siempre se consigue que todas las normales estén situadas hacia el exterior del objeto. La geometría, la densidad de la nube y el número de vecinos escogido a la hora de calcular las normales influyen en este resultado.

En caso de que las normales no estén dirigidas hacia el exterior del objeto, es recomendable recalcular las normales variando el número de vecinos hasta dar con un resultado válido.

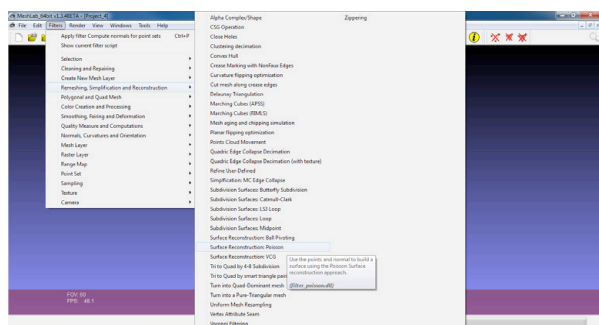


Reconstrucción del objeto a partir de la nube de puntos

A partir de las normales generadas en el apartado anterior, procede a la reconstrucción del objeto.

Menú filtro de reconstrucción: **Filtros > Remesh, Simplificación y Reconstrucción > Reconstrucción de superficie: Poisson (Filters > Remeshing, Simplification and Reconstruction > Surface Reconstruction: Poisson)**.

Reconstrucción de la nube de puntos con MeshLab



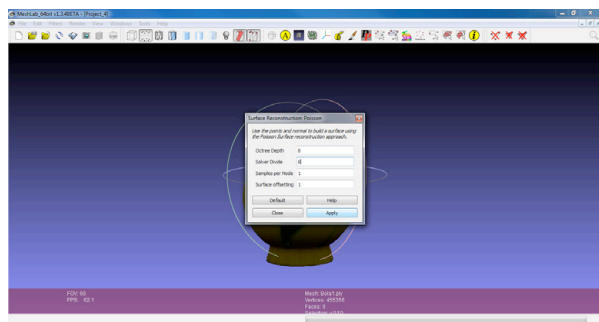
Ventana del filtro de reconstrucción: en esta ventana puedes modificar los valores de Octantes (Octree Depth) y División de la solución (Solver Divide).

Las configuraciones recomendadas para estos parámetros son valores entre 6 y 12 (si tu ordenador no es muy potente es recomendable fijar el máximo en 11). Es recomendable conservar el resto de valores por defecto.

A medida que aumenta el valor de estas variables, aumenta la precisión del modelo final, pero también el tiempo de procesado.

Una vez modificados los valores, pulsa en el botón **Aplicar (Apply)**. El tiempo de procesado puede variar desde unos segundos hasta bastantes minutos. Es posible que durante este tiempo aparezca la ventana “No responde”. A menos que aparezca una ventana emergente, no debes cerrar la ventana. El tiempo de procesado depende de las características del ordenador donde se está ejecutando el programa. No es recomendable utilizar ordenadores con especificaciones bajas para el procesado de nubes de puntos.

Una vez termine el proceso de reconstrucción, pulsa el botón **Cerrar (Close)**.

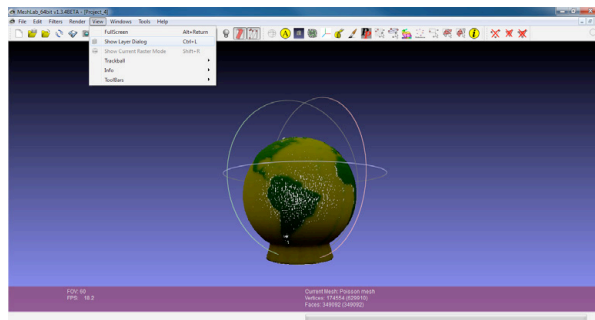


Visualización del resultado de la reconstrucción

Una vez terminada la reconstrucción, las capas de la nube de puntos y del objeto reconstruido están solapadas. Para visualizar solamente el resultado de la reconstrucción, oculta la capa de la nube de puntos.

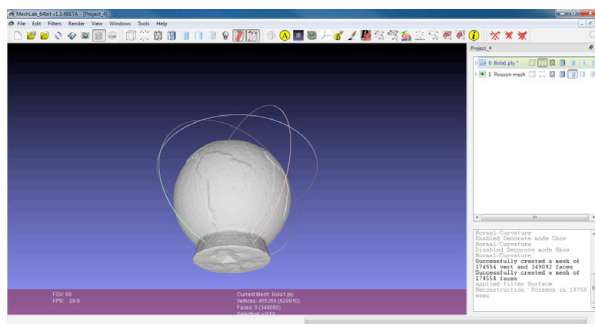
Reconstrucción de la nube de puntos con MeshLab

Ventana de visualización de capas: para mostrar la ventana de visualización de capas pulsa en **Vista > Mostrar Diálogo de Capas (View > Show Layer Dialog)**.



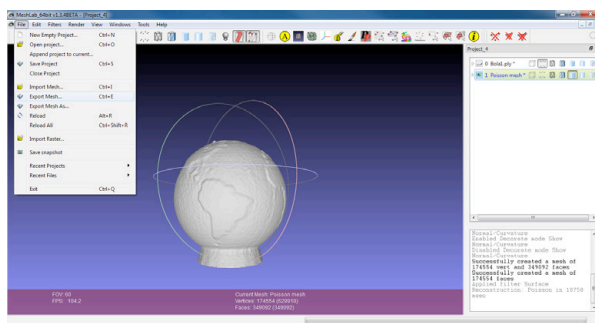
Ocultar capa de la nube de puntos: el icono con un dibujo de un ojo que se encuentra a la izquierda del nombre de cada capa, sirve para mostrar la visibilidad de cada capa. Si pulsas sobre él, puedes ocultarla o mostrarla.

Se oculta la capa que contiene la nube de puntos para una mejor visualización de la reconstrucción.



Guardado del resultado de la reconstrucción

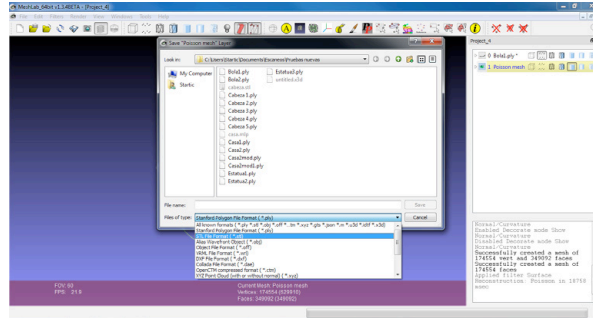
Menú Exportar Mesh: la opción para exportar el Mesh está en **Archivo > Exportar Mesh...** (**File > Export Mesh...**).



Reconstrucción de la nube de puntos con MeshLab

Ventana de exportación: selecciona la opción de exportar a un archivo en formato STL, navega hasta la carpeta donde quieras guardar el archivo y pulsa en el botón **Guardar (Save)**.

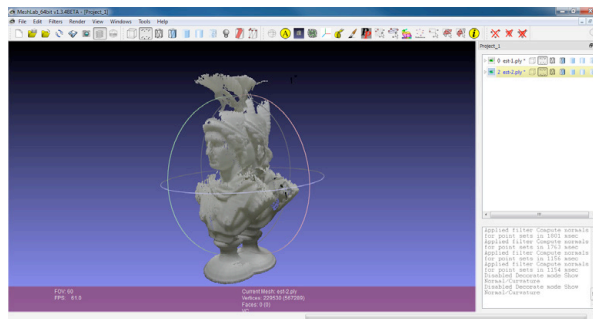
Elige STL porque es un formato de archivo que los programas de impresión 3D de laminado pueden abrir correctamente. Si deseas exportar el archivo para otros usos puedes elegir otro formato.



Unir nubes de puntos con MeshLab

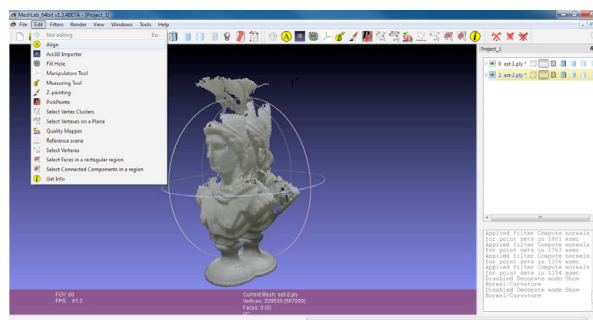
A veces, debido a la geometría del objeto que se escanea o el número de láseres utilizados en el escaneo, las nubes de puntos están incompletas. La solución es volver a escanear el objeto colocándolo en otra posición de la plataforma o utilizando otro láser, y después unir las nubes de puntos. Para explicar este método se utilizan dos nubes de puntos, pero este proceso puede hacerse con todas las nubes de puntos que quieras y el procedimiento será siempre el mismo.

Abre los archivos ".ply" correspondientes a las nubes de puntos de ambos escaneos.



En el visualizador de las capas (Ctrl + L), selecciona una capa y calcula sus normales. Una vez terminado el proceso haz lo mismo para la otra capa. Comprueba de forma gráfica (visualizando las normales de cada capa) que se han calculado correctamente.

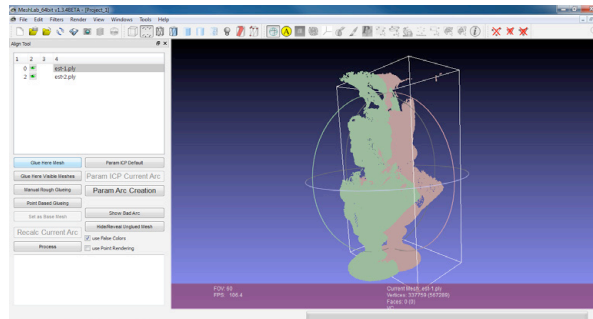
Herramienta Alinear: la herramienta **Alinear (Align)** se encuentra en el menú **Editar (Edit)**.



Reconstrucción de la nube de puntos con MeshLab

Panel Alinear: en el panel de la herramienta *Alinear* pulsa sobre la primera capa y después en el botón *Pegar Mesh Aquí (Glue Here Mesh)*. Esta acción fija la primera nube de puntos en el espacio.

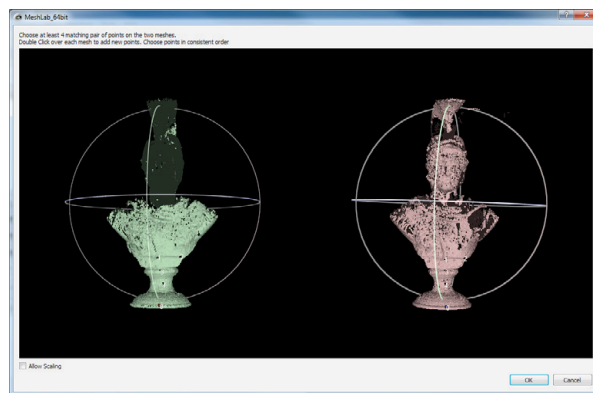
Después, selecciona la segunda capa y pulsa sobre el botón *Pegado basado en puntos (Point Based Glueing)*, que abre una nueva ventana de la herramienta.



En esta ventana puedes orientar las nubes de puntos para hacer más sencilla la alineación de los puntos. A continuación, selecciona al menos tres puntos de una de las nubes de puntos y los puntos a los que corresponden en la otra nube. La selección se realiza haciendo doble clic con el botón derecho del ratón sobre la nube de puntos.

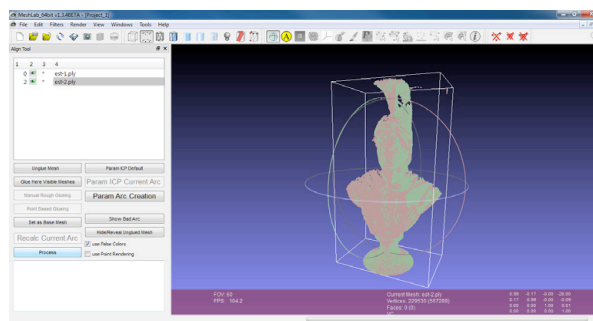
Los puntos seleccionados aparecen de manera numerada para no dar lugar a error. En caso de seleccionar un punto no válido pulsa el botón *Cancelar (Cancel)* y vuelve a abrir esta ventana, puesto que no existe la opción *Deshacer*.

Una vez hayas seleccionado los puntos correspondientes en ambas nubes pulsa el botón *OK*.



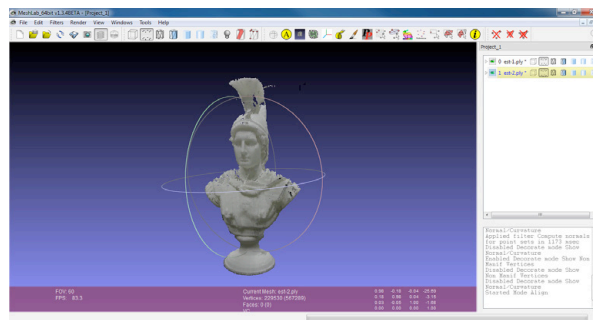
Comprueba que, tras el paso anterior, las nubes de puntos están alineadas. En caso de que no estén bien alineadas, repite el paso anterior hasta que lo estén.

Para completar la alineación pulsa sobre el botón *Procesar (Process)*.



Reconstrucción de la nube de puntos con MeshLab

Visualización de las nubes de puntos alineadas: puedes comprobar a simple vista el resultado de la alineación, el detalle mejora y la falta de puntos se corrige.



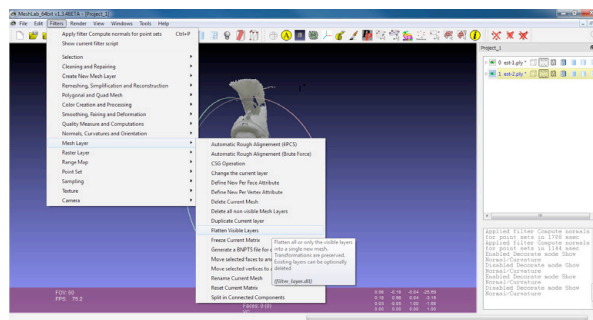
Unir nubes de puntos

Las nubes de puntos alineadas en el paso anterior no están unidas, esto es, son nubes de puntos distintas.

Es necesario unir ambas para poder realizar la reconstrucción del objeto.

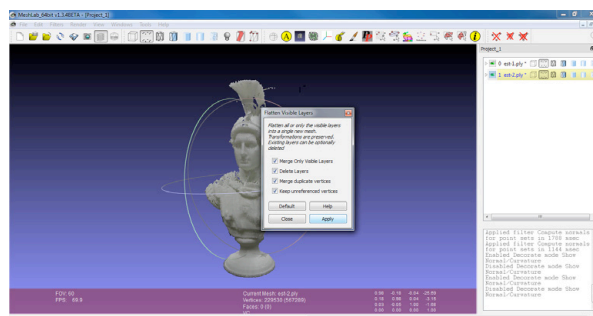
Menu Unir capas

Unir capas visibles: la herramienta para unir las capas visibles se encuentra en la pestaña **Filtros** > **Capa Mesh** > **Unir capas visibles (Filters > Mesh Layer > Flatten Visible Layers)**.



Ventana Unir capas visibles: en esta ventana selecciona la opción **Mantener vértices no referenciados (Keep unreferenced vertices)**.

Y pulsa el botón **Aplicar (Apply)**.



Reconstrucción de la nube de puntos con MeshLab

El resultado de unir las nubes de puntos es una nueva nube de puntos con mejor resolución.

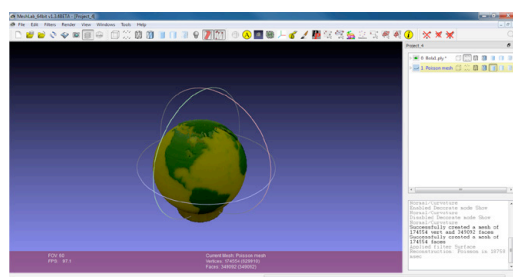
Una vez unidas las capas conviene recalcular las normales de la nueva nube de puntos. Para obtener el modelo reconstruido procede de la misma manera explicada anteriormente.

Suavizar resultados de la reconstrucción

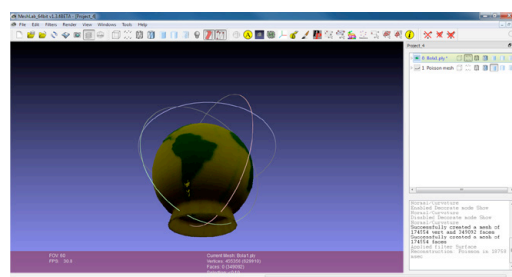
Cuando se reconstruyen objetos a partir de una nube de puntos puede ocurrir que el resultado no sea completamente preciso. La falta de puntos afecta a la reconstrucción y no siempre puede solucionarse esta carencia de puntos uniendo varias nubes de puntos.

Un ejemplo de este tipo de objetos puede ser el objeto utilizado en las primeras secciones, la base del objeto no puede ser escaneada (ya que se apoya sobre ella) y la parte superior no tiene puntos debido a su geometría.

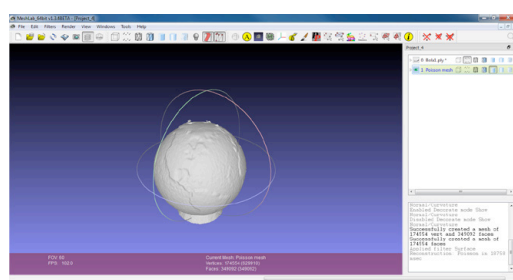
No obstante, el algoritmo de reconstrucción trata siempre de cerrar las caras, para obtener una superficie cerrada.



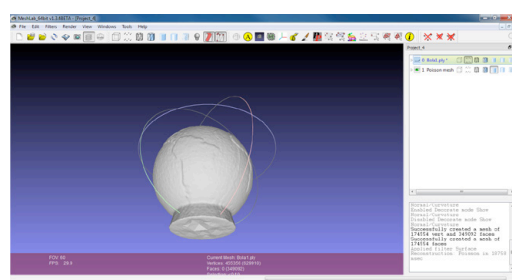
Parte superior antes de la reconstrucción



Parte inferior antes de la reconstrucción



Parte superior después de la reconstrucción



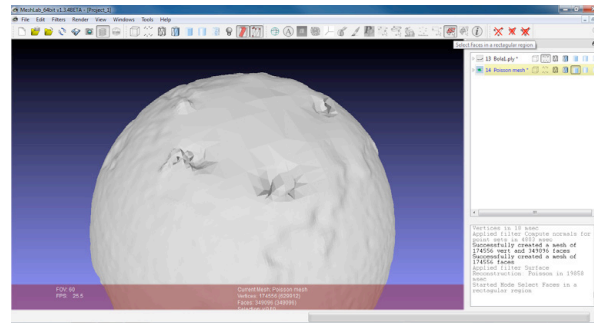
Parte inferior después de la reconstrucción

Como puedes observar, el proceso de reconstrucción ha cerrado la parte superior y la parte inferior, pero el resultado es mejorable.

Para mejorar este resultado, se pueden aplicar filtros de suavizado a las zonas que han sido mal reconstruidas.

Reconstrucción de la nube de puntos con MeshLab

Herramienta de selección de caras: esta herramienta funciona de la misma manera que la de *Selección de vértices*, la única diferencia es que esta selecciona caras.

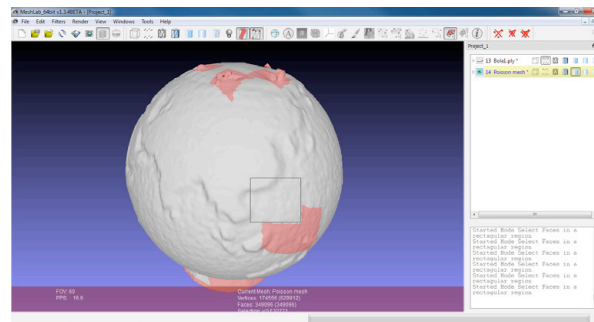


Selección de caras erróneas: al igual que con la otra herramienta, pulsa el botón derecho del ratón y desplaza el cursor para seleccionar las caras que quieres suavizar.

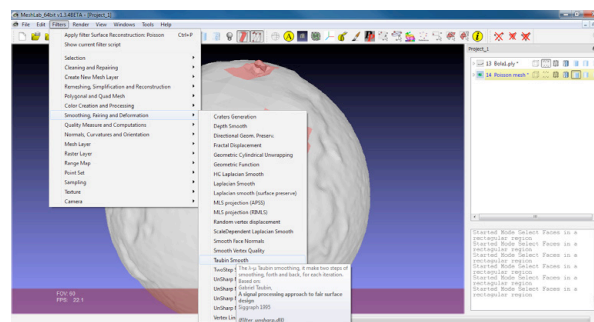
Es importante recordar que no tienes que seleccionar solo las caras que se ven, también las que se encuentran dentro del rectángulo y no son visibles desde la perspectiva actual.

Para deseleccionar las caras que has seleccionado pero no quieres modificar, pulsa de nuevo sobre la herramienta de **Selección de caras** en la barra de tareas, con el botón izquierdo del ratón. Cambia la posición del objeto para visualizar las caras que quieres deseleccionar, cuando tengas el objeto colocado en la posición deseada pulsa otra vez sobre la herramienta de selección de caras. Durante este proceso las caras seleccionadas anteriormente han mantenido la selección. Por último, pulsa la tecla Shift mientras desplazas el cursor sobre las caras que no quieres modificar.

Cuando solo estén seleccionadas las caras que quieren suavizarse, pulsa sobre la herramienta **Selección de caras**. Las caras quedan seleccionadas.



Menú Filtro de suavizado: a las caras seleccionadas se les aplica el filtro de **Suavizado Taubin** (*Taubin Smooth*), que se encuentra en la pestaña **Filtros > Suavizado, Fairing y Deformación > Suavizado Taubin** (*Filters > Smoothing, Fairing and Deformation > Taubin Smooth*).



Reconstrucción de la nube de puntos con MeshLab

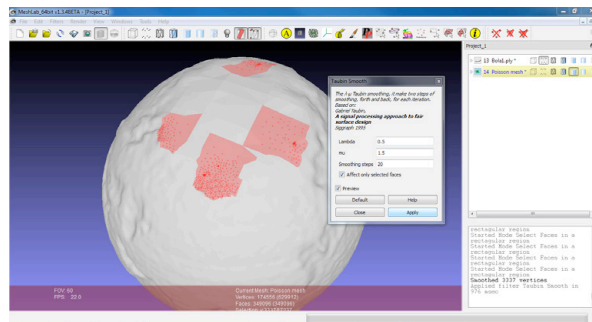
Filtro de suavizado Taubin: en la ventana del *Filtro de suavizado Taubin* se pueden modificar varios parámetros.

Es recomendable activar la casilla *Previsualización (Preview)* para ver a tiempo real el efecto que tienen las modificaciones de los parámetros sobre el objeto.

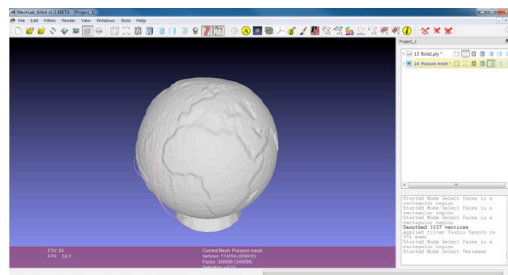
También se recomienda mantener el valor de *Lambda* por defecto. En el ejemplo se ha modificado el parámetro *Mu* y los *Pasos de suavizado (Smoothing Steps)*.

Dependiendo del error de las caras cometido en la reconstrucción, los parámetros serán diferentes por lo que se recomienda probar con distintos valores hasta dar con el adecuado.

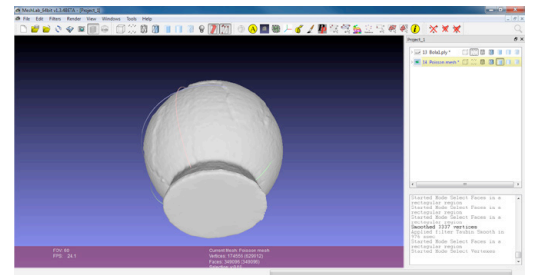
Una vez ajustados los parámetros deseados pulsa sobre el botón *Aplicar (Apply)*.



El resultado de aplicar el filtro de suavizado es notable. Aplicar el filtro de suavizado a todas las caras de un objeto provoca una disminución en el detalle, por lo que es importante aplicarlo únicamente a las caras erróneas.



Parte superior tras aplicar filtro de suavizado



Parte inferior tras aplicar filtro de suavizado

1 Reconstrucción de la nube de puntos con CloudCompare

Introducción a CloudCompare²

CloudCompare es un programa de procesamiento de nubes de puntos (como las obtenidas con un escáner 3D). También procesa mallas triangulares e imágenes calibradas.

Este software fue creado durante una colaboración entre Telecom ParisTech y la división de I+D de la EDF, el proyecto CloudCompare comenzó en 2003 con la tesis doctoral de Daniel Girardeau-Montaut en Detección de cambios en datos geométricos en 3D. En ese momento, su objetivo principal era detectar rápidamente cambios en las nubes de puntos de alta densidad adquiridos con escáneres láser en instalaciones industriales (como las centrales eléctricas) o en sitios de construcción. Posteriormente evolucionó hacia un software más general y avanzado de procesamiento de datos 3D. Ahora es un proyecto de código abierto independiente y un software libre.

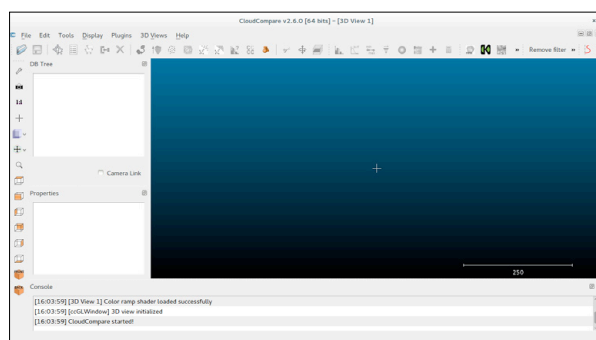
CloudCompare proporciona un conjunto de herramientas básicas para la edición y renderizado de nubes de puntos y mallas triangulares. También ofrece varios algoritmos de procesamiento avanzados, para llevar a cabo tareas como: proyecciones, registros, cálculos de distancia, estadísticas, segmentación o estimación de características geométricas.

CloudCompare está disponible en plataformas Windows, Linux y Mac OS X, tanto para arquitecturas de 32 como de 64 bits. Está desarrollado en C++ con Qt.

Abrir ficheros PLY en CloudCompare

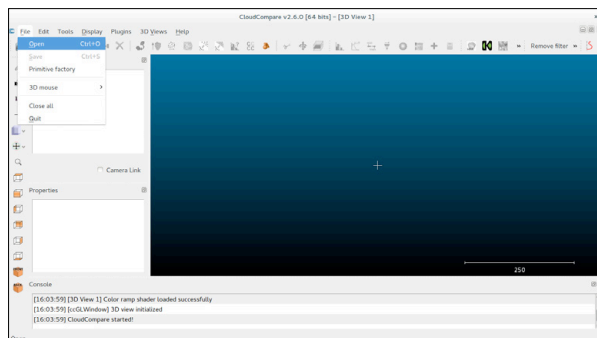
Abre la nube de puntos en CloudCompare que tendrá la extensión “.ply”.

Abrir CloudCompare: en la pantalla principal hay un menú en la parte superior y debajo una barra de tareas, a la izquierda una barra de herramientas, en la parte inferior hay una consola y, por último, un visualizador 3D.



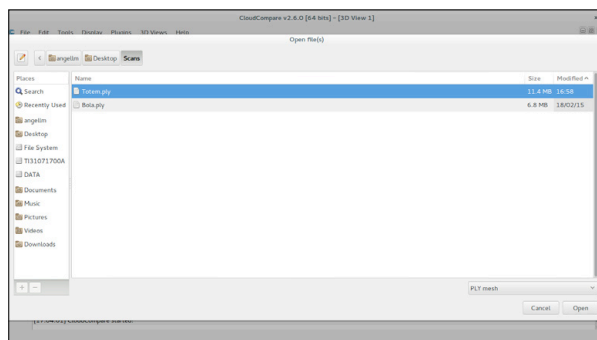
Reconstrucción de la nube de puntos con CloudCompare

Importar archivo Mesh: abre un archivo en *Archivo > Abrir (File > Open)*.

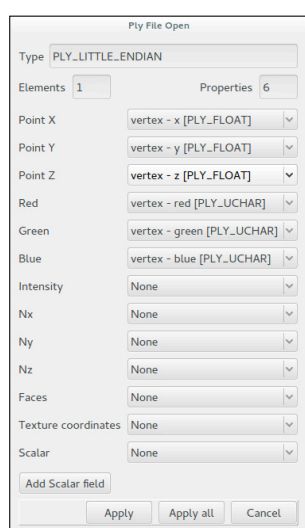


Elegir el modelo de puntos (.ply): en la ventana *Abrir* puedes seleccionar el archivo de la nube de puntos que quieras procesar. Una vez seleccionado, pulsa *Abrir*.

El software de escaneo Horus guarda por defecto las nubes de puntos como archivos con formato “.ply”, por lo que tienes que seleccionar este tipo de archivos en el menú desplegable.



Propiedades para archivos “.ply”: esta ventana aparece cuando se abre un fichero “.ply” que muestra opciones de configuración avanzadas. Se recomienda mantener los valores por defecto. Para continuar con la apertura del archivo, pulsa *Aplicar (Apply)*.

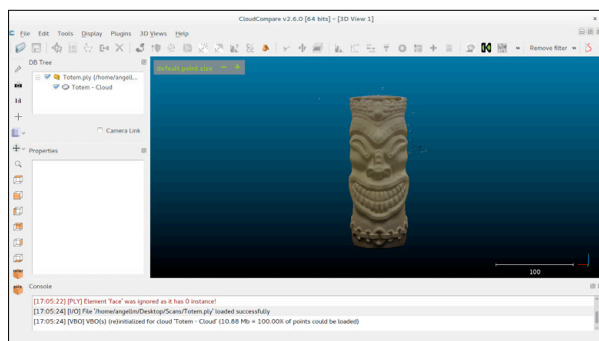


Reconstrucción de la nube de puntos con CloudCompare

Visualización de la nube de puntos: una vez importado el archivo de la nube de puntos puedes ver en el visualizador 3D la representación en el espacio de dicha nube.

Si la nube de puntos es resultado de un escaneo con textura, visualizarás la nube de puntos con los colores de dicho escaneo.

Si, por el contrario, es resultado de un escaneo sin textura se mostrarán todos los puntos del color elegido a la hora del escaneo.



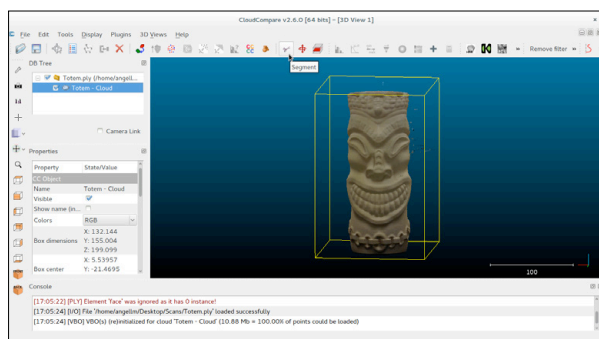
Limpieza de la nube de puntos

Es posible que la nube de puntos no sea perfecta y contenga puntos de ruido o, simplemente, puntos que no deseas que formen parte del modelo final. CloudCompare permite seleccionar y eliminar puntos de la nube.

Herramienta Segmentar: el primer paso para limpiar la nube de puntos es seleccionar la capa que la contiene. Para ello, pulsa sobre la capa con el sobrenombre Cloud en el árbol de ficheros situado en el lateral izquierdo.

A continuación, pulsa sobre la herramienta **Segmentar (Segment)** situada en la barra de tareas.

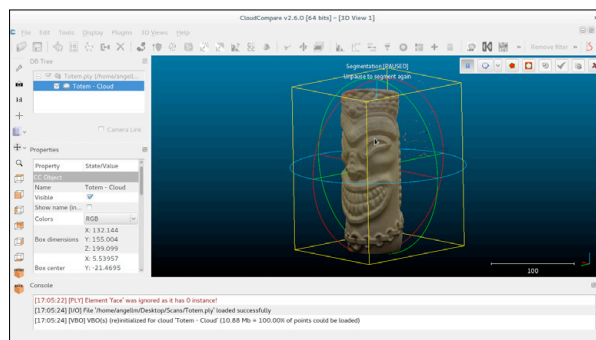
Esta herramienta permite seleccionar puntos situados en un espacio de tres dimensiones con un polígono, que es una figura de dos dimensiones. ¿Cómo? Puedes pensar en esta herramienta como una caja en la que puedes modificar una de las caras, que selecciona desde el frente hasta el fondo todos los puntos que están dentro de esta.



Reconstrucción de la nube de puntos con CloudCompare

Pausa y posición: en ocasiones, los puntos que se quieren eliminar no se encuentran visibles desde el punto de vista inicial. La herramienta Segmentar se compone de varias acciones: *Pausa (Pause)*, *Selección (Selection)*, *Segmentar hacia dentro (Segment in)*, *Segmentar hacia afuera (Segment Out)*, *Deshacer (Clear segmentation)*, *Confirmar segmentación (Confirm segmentation)*, *Borrar puntos ocultos (Confirm and delete hidden points)* y *Cancelar (Cancel)*.

La acción **Pausa** permite orientar la nube de puntos libremente sin seleccionar ningún punto. Una vez tengas la nube en la posición deseada, pulsa de nuevo la acción **Pausa** para comenzar la selección de los puntos.

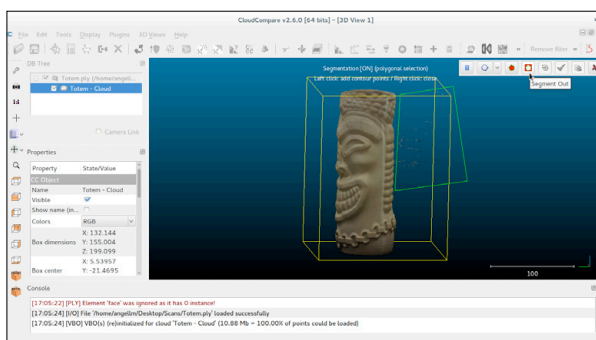


Segmentación hacia afuera: la acción de **Selección** permite seleccionar los puntos con ayuda de un polígono en el que se marcan los vértices, o bien con ayuda de un rectángulo en el que se definen los lados.

Para utilizar la **Selección poligonal** haz un primer clic con el botón izquierdo del ratón donde quieras colocar el primer vértice, un segundo clic donde quieras colocar el segundo vértice y así sucesivamente. Cuando hayas definido el polígono de selección pulsa el botón derecho del ratón. A continuación, pulsa sobre una de las dos acciones de segmentación.

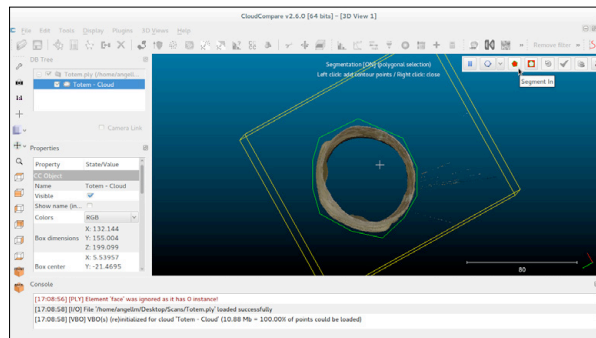
Hay dos tipos de segmentación: **Hacia afuera** o **Hacia dentro**.

La segmentación hacia afuera mantiene visibles los puntos que no están dentro del polígono de selección y mueve los que están dentro a otra capa oculta.



Reconstrucción de la nube de puntos con CloudCompare

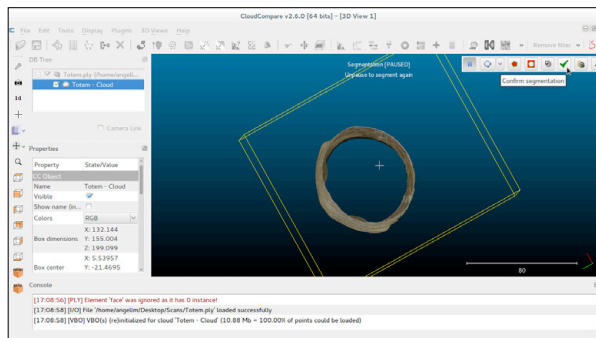
Segmentación hacia dentro: por contra, la *Segmentación hacia dentro* mantiene visibles los puntos que se encuentren dentro del polígono de selección y mueve los que están fuera a otra capa oculta.



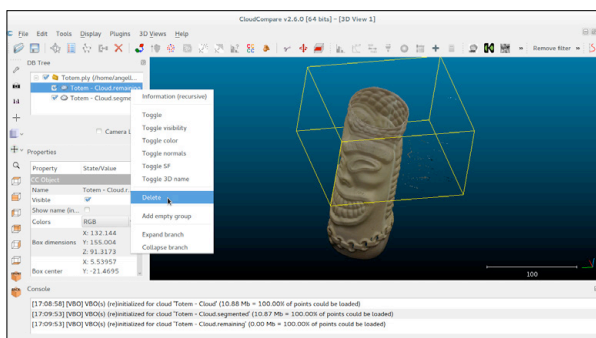
Limpieza de nube de puntos: al pulsar sobre la acción de segmentación, los puntos no deseados dejarán de visualizarse.

Para terminar la segmentación hay dos opciones posibles. La primera es pulsar sobre **Borrar puntos ocultos**, esta acción eliminará los puntos que se hayan seleccionado previamente y estén ocultos.

La segunda opción es pulsar sobre la acción **Confirmar segmentación**, esta acción separará en diferentes capas los puntos no deseados y los que se quieren mantener.



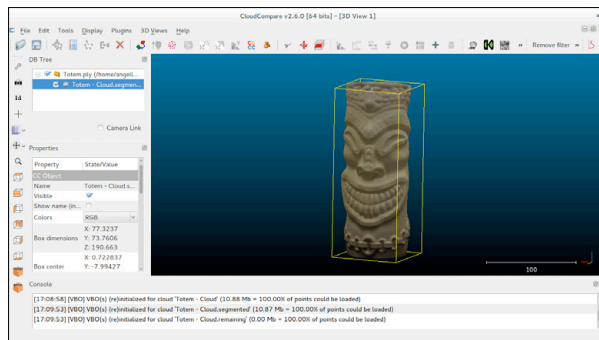
Eliminando capa de puntos no deseados: en el caso de que hayas seleccionado la opción de **Confirmar segmentación** se recomienda eliminar la capa de puntos no deseados. Para ello, pulsa sobre la capa que los contiene y, a continuación, pulsa con el botón derecho del ratón sobre ella. En el menú desplegable pulsa sobre **Eliminar (Delete)**.



Reconstrucción de la nube de puntos con CloudCompare

Resultado de la limpieza de la nube de puntos: una vez se ha limpiado la nube de puntos, puedes observar cómo las aristas amarillas de la caja que contiene la nube de puntos se ajusta mucho más que al inicio.

Es importante realizar la limpieza de la nube de puntos si quieres obtener los mejores resultados.

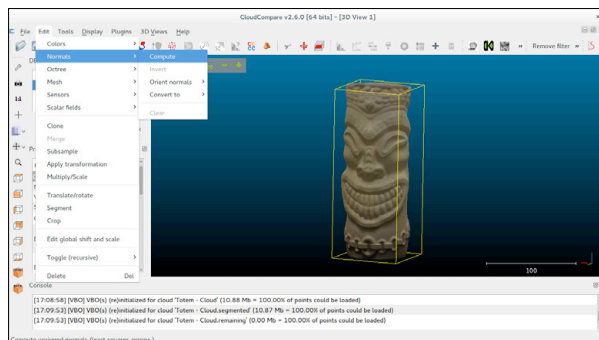


Procesado de la nube de puntos

Para procesar una nube de puntos es necesario crear las normales del objeto:

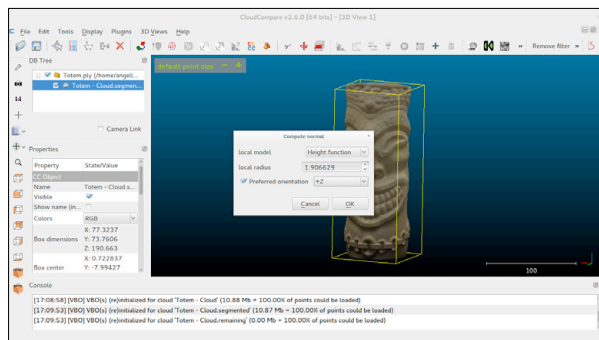
Menú calcular normales: el primer paso es seleccionar la capa que contiene la nube de puntos de la que quieres calcular las normales.

A continuación, pulsa sobre la pestaña *Editar > Normales > Calcular (Edit > Normals > Compute)*.



Ventana calcular normales: en esta ventana tienes que modificar el parámetro de la orientación. Se recomienda utilizar la orientación *Barycenter* y mantener el resto de valores por defecto.

Una vez modificado el parámetro, pulsa el botón *Aplicar (Apply)*. El programa tarda unos segundos en calcular las normales. Cuando termine, pulsa el botón *Cerrar (Close)*.

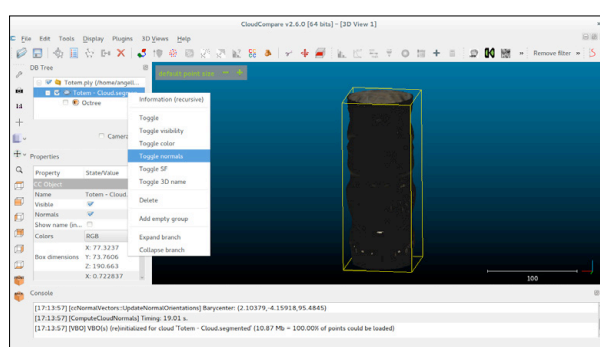


Reconstrucción de la nube de puntos con CloudCompare

Mostrar las normales: por defecto, la visualización de las normales está activada. Si no lo está, puedes hacerlo pulsando con el botón derecho sobre la capa de la que se han calculado las normales y haciendo clic sobre la pestaña **Mostrar Normales (Toggle normals)**. Para ocultarlas vuelve a pulsar en la misma pestaña.

Para una reconstrucción correcta, las normales tienen que estar dirigidas hacia afuera de la pieza, es decir, el objeto se verá de color negro (el color de las normales). En caso de que el exterior del objeto no se vea de color negro, pero el interior sí será debido a que las normales han sido calculadas del revés.

En las pruebas realizadas se elige **Barycenter** como parámetro de orientación, las normales a zxcv siempre han sido calculadas hacia afuera del objeto. No obstante, si se da el caso de que son calculadas del revés pueden invertirse pulsando sobre la pestaña **Editar > Normales > Invertir (Edit > Normals > Invert)**.

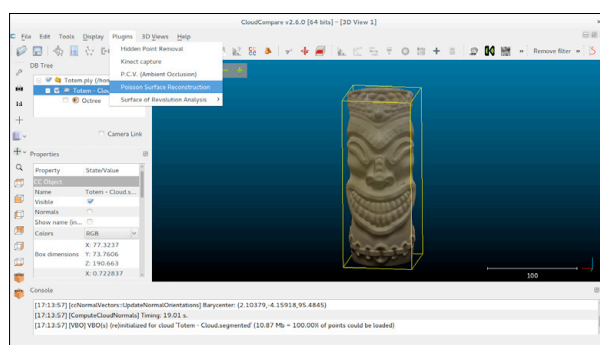


Reconstrucción del objeto a partir de la nube de puntos

A partir de las normales generadas en el apartado anterior, se procede a la reconstrucción del objeto.

Menú herramienta de reconstrucción: la herramienta de reconstrucción de nubes de puntos está situada en la pestaña **Pluggins > Reconstrucción de Superficie Poisson (Pluggins > Poisson Surface Reconstruction)**.

Pulsando sobre ella se abre la ventana de la herramienta.



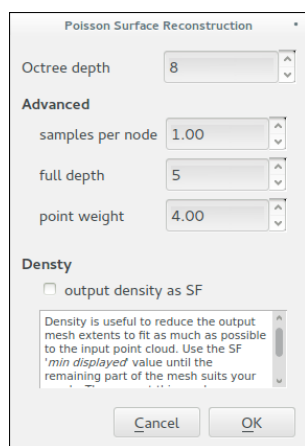
Reconstrucción de la nube de puntos con CloudCompare

Ventana de la herramienta de reconstrucción: en esta ventana se puede modificar el valor de Octantes (Octree depth).

Las configuraciones recomendadas para este parámetro son valores entre 6 y 12 (si tu ordenador no es muy potente se recomienda fijar el máximo en 11). Se recomienda conservar el resto de valores por defecto.

A medida que aumenta el valor de esta variable, aumenta la precisión del modelo final, pero también el tiempo de procesado.

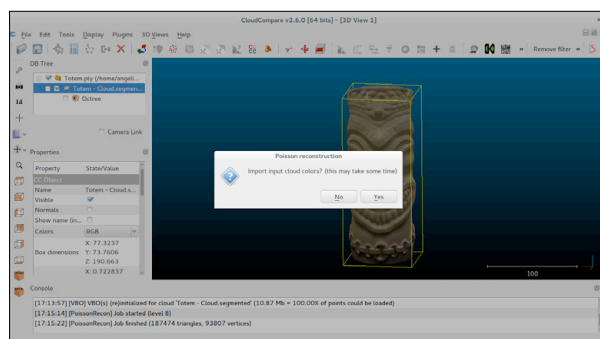
Una vez modificado este valor, se pulsa en el botón **OK**. El tiempo de procesado puede variar desde unos segundos hasta bastantes minutos y depende de las características del ordenador donde se esté ejecutando el programa. No se recomienda utilizar ordenadores con especificaciones bajas para el procesado de nubes de puntos.



Importar colores de la nube de puntos a la reconstrucción: una vez el proceso de reconstrucción ha terminado, aparece una ventana que pregunta si deseas o no importar los colores de la nube de puntos a la reconstrucción.

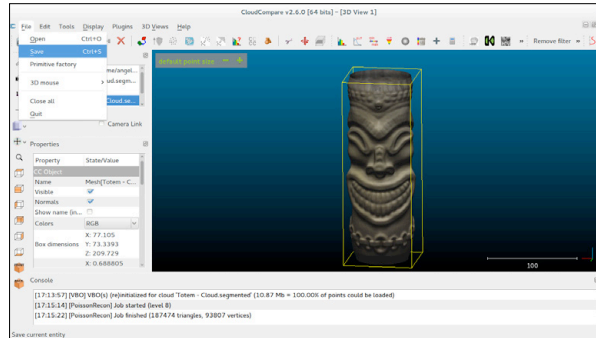
En caso de haber realizado un escaneo con textura, o uno sin textura pero quieres conservar el color de la nube de puntos, pulsa sobre el botón **Sí (Yes)**. El proceso de importar el color puede tardar desde unos segundos hasta unos minutos, dependiendo de la cantidad de puntos de la nube y de las características del ordenador donde se está procesando.

En caso de no querer importar el color pulsa el botón **No**.



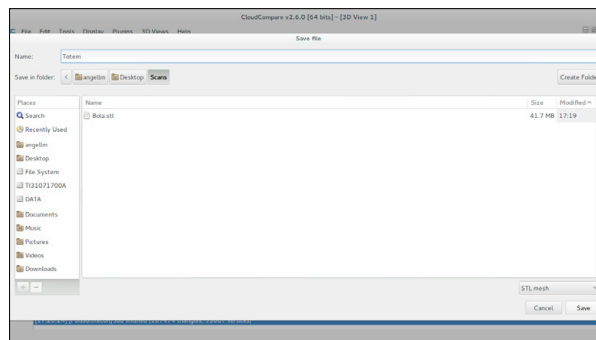
Guardado del resultado de la reconstrucción

Menú Guardar: para guardar el resultado de la reconstrucción es importante seleccionar la capa marcada como Mesh. A continuación, pulsa sobre la pestaña *Archivo > Guardar (File > Save)*.



Ventana de guardado: selecciona la opción *Exportar* a un archivo en formato STL, navega en la ventana hasta la carpeta donde quieras guardar el archivo y pulsa en el botón *Guardar*.

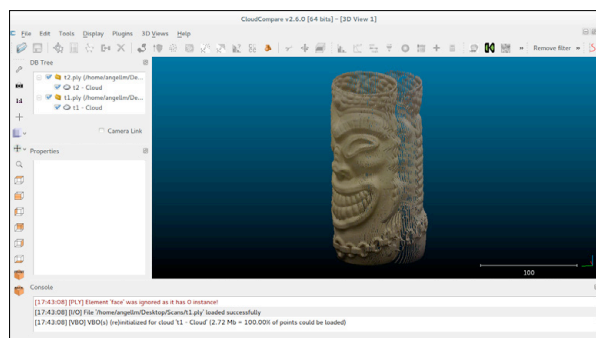
Elige **STL** porque es un formato de archivo que los programas de impresión 3D de laminado pueden abrir correctamente. Si deseas exportar el archivo para otros usos, puedes elegir el formato más conveniente.



Unir nubes de puntos con CloudCompare

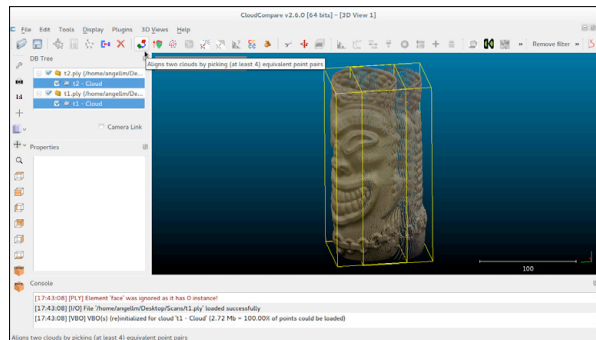
A veces, debido a la geometría del objeto que se escanea o al número de láseres utilizados en el escaneo, las nubes de puntos están incompletas. La solución a este problema es volver a escanear el objeto colocándolo en otra posición de la plataforma o utilizando otro láser, y después unir las nubes de puntos. Para explicar este método se utilizan dos nubes de puntos, pero este proceso puede hacerse con todas las nubes de puntos que quieras y el procedimiento es siempre el mismo.

Abre los archivos “.ply” correspondientes a las nubes de puntos de ambos escaneos.



Reconstrucción de la nube de puntos con CloudCompare

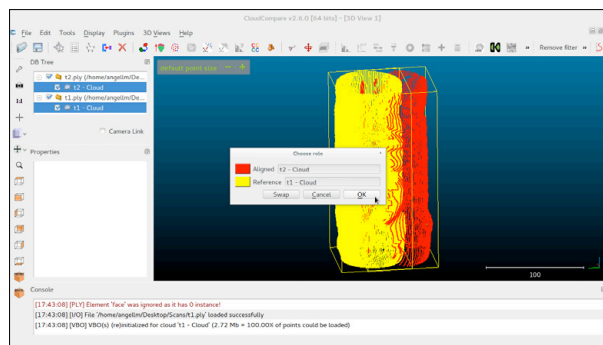
Herramienta Alinear: selecciona las capas que quieres alinear y pulsar sobre la herramienta **Alinear (Align)** que se encuentra en la barra de tareas.



Tras pulsar sobre la herramienta aparece una ventana que muestra la capa que se considera de referencia (color amarillo) y la que hay que alinear (color rojo).

Pulsa el botón **Cambiar (Swap)** si quieres invertir los roles de las capas. La capa que se considera como la de referencia será la que habrá que alinear y viceversa.

Pulsando el botón **OK**, continuarás con la alineación de las capas.

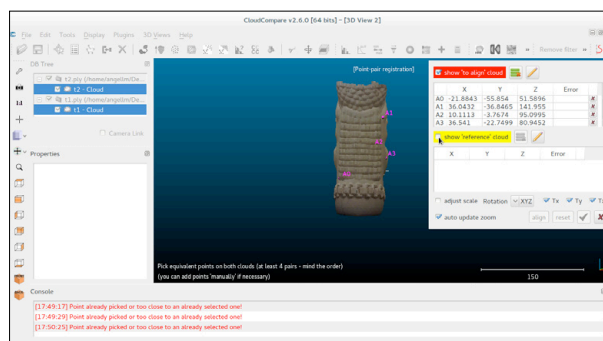


Selección de puntos en la capa a alinear: en esta ventana se pueden orientar las nubes de puntos para hacer más sencilla la alineación de los puntos.

A continuación, selecciona al menos cuatro puntos de una de las nubes de puntos en la capa que quieres alinear. Al estar solapadas, se recomienda desmarcar la casilla "Mostrar nube de referencia" para ocultarla y así poder seleccionar mejor los puntos.

Para seleccionar un punto de la nube, haz clic sobre el que quieras seleccionar. En caso de que quieras deseleccionar algún punto, pulsa sobre el botón marcado con una X a la derecha de las coordenadas del punto.

Los puntos van acompañados de una letra y un número. La letra "A" indica que es un punto perteneciente a la capa que se quiere alinear y el número indica el orden en que fueron seleccionados los puntos.



Reconstrucción de la nube de puntos con CloudCompare

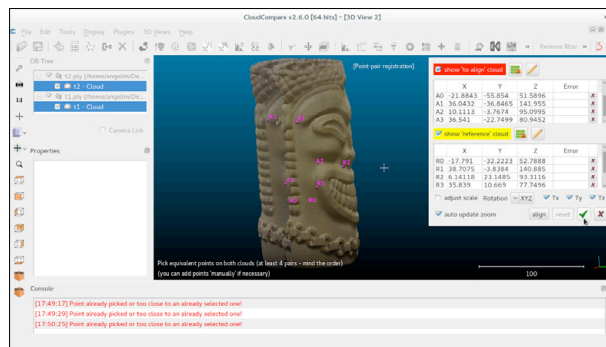
Selección de puntos en la capa de referencia: una vez se han seleccionado los puntos de la capa que quieres alinear con la capa de referencia, selecciona los puntos correspondientes estos pero en la capa de referencia.

Para seleccionar los puntos en la capa de referencia conviene ocultar la otra capa, es probable que haya que mostrarla de vez en cuando para recordar dónde se habían situado los puntos en esa capa.

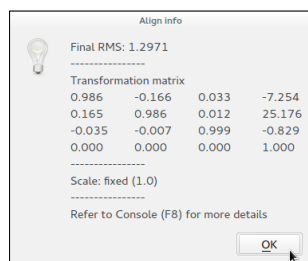
El orden en que se seleccionan los puntos es muy importante, selecciona los puntos en el mismo orden. Para obtener buenos resultados es importante asegurar que se seleccionan puntos muy similares en ambas capas.

Al igual que en la otra capa, los puntos seleccionados van acompañados de una letra y un número. La letra "R" indica que es un punto perteneciente a la capa de referencia y el número indica el orden en que han sido seleccionados.

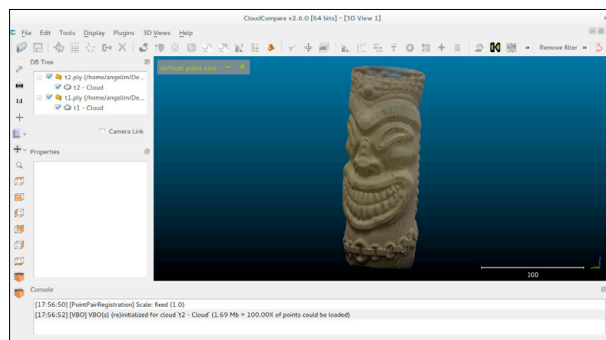
Una vez seleccionados los puntos en ambas capas, pulsa el botón **Confirmar**, representado por un tick verde.



Información de la alineación: aparece una ventana emergente con información sobre el proceso de alineación de las nubes. Para continuar, pulsa el botón **OK**.



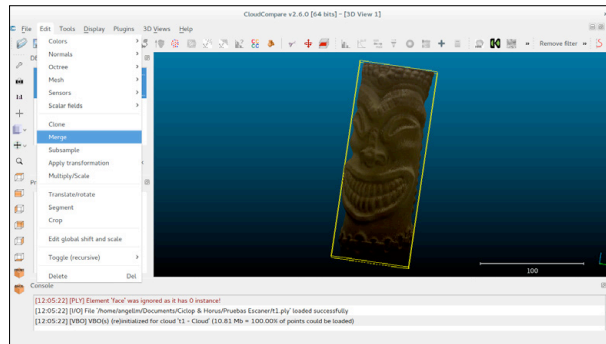
Visualización del resultado de alineación: a simple vista se observa que la nube de puntos resultante de la alineación es más densa, y por lo tanto, el resultado de reconstrucción es más preciso.



Reconstrucción de la nube de puntos con CloudCompare

Unir nubes de puntos: si bien las nubes están alineadas, aún no están unidas. Para unir ambas nubes es necesario seleccionarlas y después pulsar en: **Editar > Unir (Edit > Merge)**.

De esta manera ya se pueden calcular las normales y reconstruir el objeto, tal y como se explicó anteriormente.



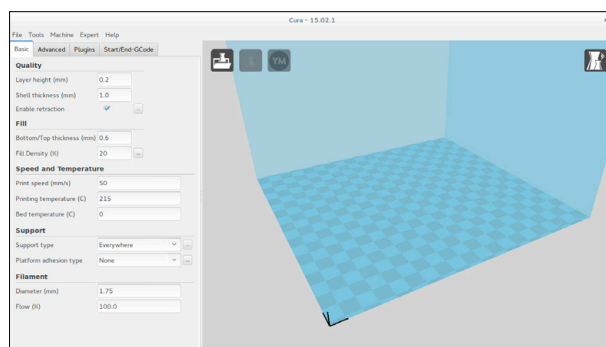
Imprimir resultados de la reconstrucción

Existe un inconveniente a la hora de procesar nubes de puntos en CloudCompare: por lo general, no cierra los objetos. En el ejemplo del tótem, una vez reconstruidas la parte superior y la inferior, están abiertas y el objeto es hueco por dentro.

Este inconveniente puede causar problemas a la hora de imprimir el modelo 3D, ya que el programa podría reconocer el objeto como un cilindro hueco e imprimiría sólo las paredes.

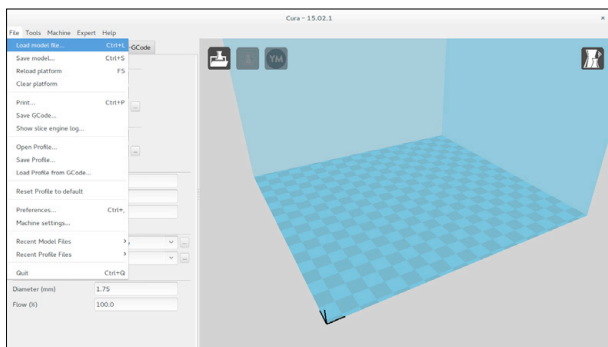
A continuación se explica, para el software de laminado e impresión Cura, cómo solucionar este inconveniente.

Ejecutar Cura: esta es la ventana principal que muestra el programa Cura. Consta de un menú situado en la parte superior, un panel con cuatro pestañas en el lateral izquierdo y un visualizador 3D que ocupa la mayor parte de la ventana.



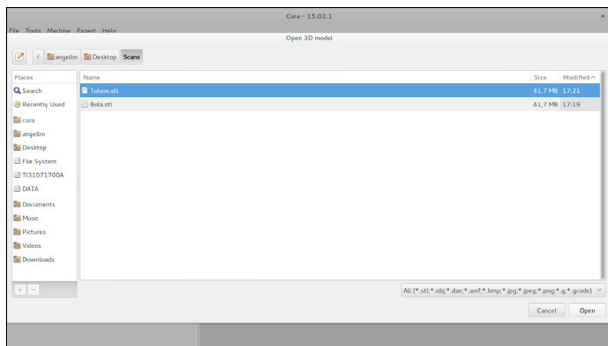
Abrir modelo 3D: para abrir un modelo 3D, pulsa sobre la pestaña **Archivo > Abrir modelo desde archivo... (File > Load model file...)**

Reconstrucción de la nube de puntos con CloudCompare



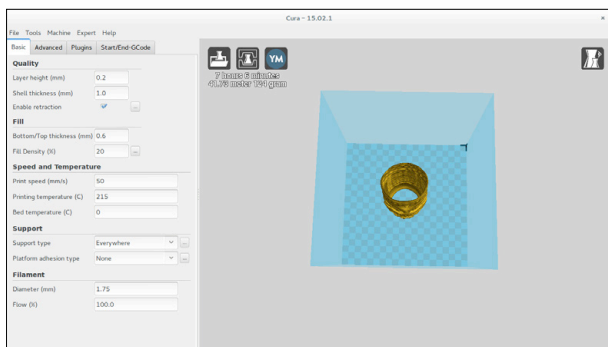
Ventana Abrir modelo: en esta ventana puedes navegar por los directorios y seleccionar el modelo 3D que quieras imprimir.

Una vez seleccionado, pulsa el botón **Abrir (Open)**.



Visualización del modelo: una vez abierto, el modelo 3D aparece en el visualizador 3D del programa. Puedes cambiar la orientación manteniendo pulsado el botón derecho del ratón y el zoom con ayuda de la rueda del ratón.

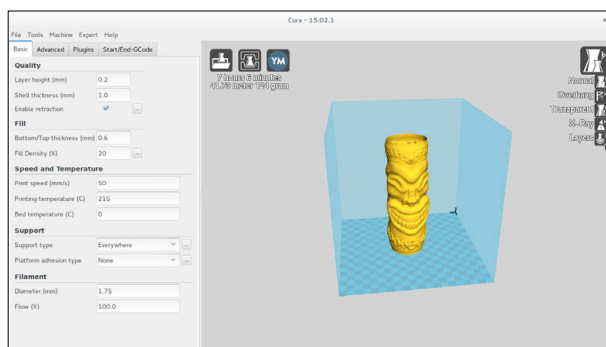
Desde esta vista puedes observar que nuestro modelo 3D es hueco.



Visualización de las capas de impresión: en ocasiones, Cura detecta los objetos huecos y los rellena de manera automática. En caso de que la reconstrucción del objeto haya dejado puntos en el interior del modelo, este no será relleno de manera automática.

La mejor manera de ver si el modelo se va a imprimir correctamente es cambiando la vista al modo **Capas (Layers)**, donde puedes ver las capas tal y como las imprimirá la impresora.

Reconstrucción de la nube de puntos con CloudCompare

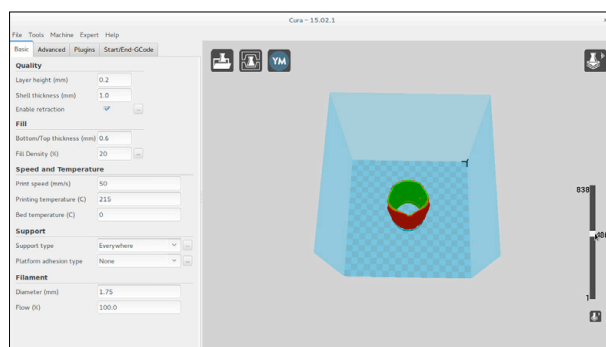


Laminación incorrecta: para comprobar si Cura ha rellenado o no de manera automática el modelo cambia la vista al modo *Capas*.

La barra de desplazamiento situada a la derecha representa la vista del número de capas. Deslizando la barra puedes ver más o menos capas.

Para realizar la comprobación del relleno del objeto lo ideal es situarse en una capa de entremedias del modelo. El programa puede tardar en procesar las capas. Si cuando termine de procesar, el modelo se muestra hueco es porque no lo ha rellenado de manera automática. Si, por el contrario, muestra una malla en el interior del modelo significa que ha rellenado automáticamente el modelo y puede proceder a su impresión.

En la imagen de la izquierda se muestra el laminado de un modelo que no ha sido rellenado automáticamente por el programa.



Configuración Experta: para solucionar el problema del relleno del modelo, abre la ventana de *Configuración Experta*.

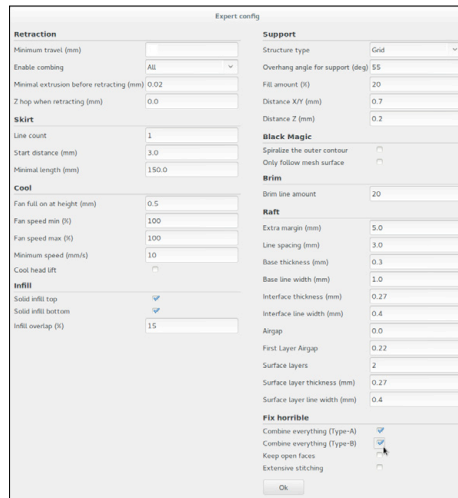
Para abrir esta ventana pulsa sobre la pestaña *Experto* > *Abrir opciones expertas (Expert > Open Expert Settings)*.

En el último apartado (*Fix horrible*), por defecto, solo viene marcada la casilla *Combinar todo (Tipo-A)*, *Combine everything (Type-A)*, para rellenar el modelo por completo también tienes que marcar la casilla *Combinar todo (Tipo-B)*, *Combine everything (Type-B)*.

Una vez marcada, pulsa el botón *OK*.

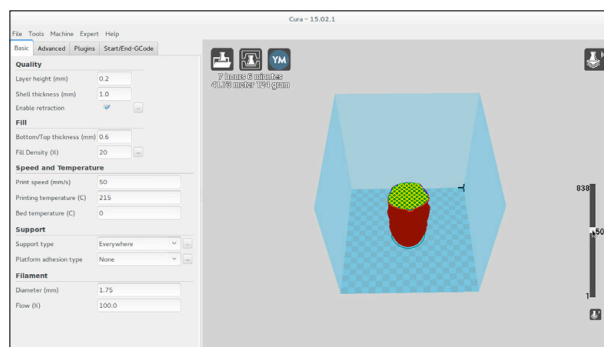
Reconstrucción de la nube de puntos con CloudCompare

! Una vez generado el archivo de impresión (GCode) es importante volver a abrir la Configuración experta y revertir los cambios que se han hecho. De no hacerlo, es posible que en laminaciones posteriores aparezcan errores y rellenos en lugares que no deben aparecer.

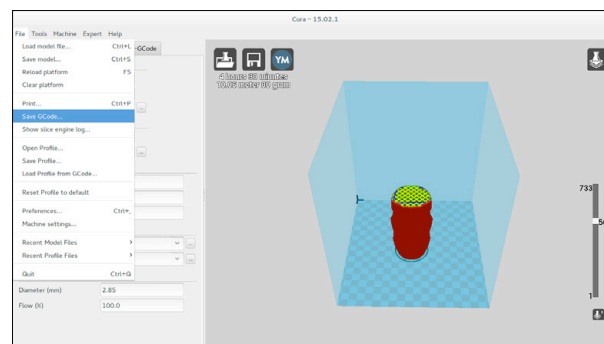


Laminación correcta: para comprobar que los cambios que se han hecho en la **Configuración Experta** resuelven el problema del relleno del modelo, visualiza una de las capas intermedias tal y como se hizo anteriormente.

En la imagen de la izquierda se muestra el modelo perfectamente relleno y listo para imprimir.



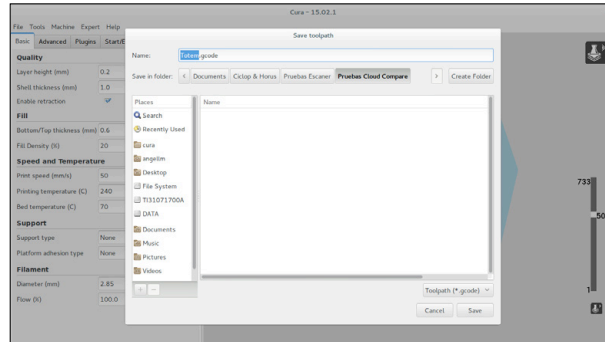
Menú de guardado: por último, para guardar el archivo de impresión (GCode) pulsa sobre la pestaña **Archivo > Guardar GCode...** (**File > Save GCode...**).



Reconstrucción de la nube de puntos con CloudCompare

Ventana de guardado: tras pulsar la pestaña, aparece la ventana de guardado. En esta ventana puedes navegar hasta el directorio donde quieres guardar el archivo.

Una vez puesto el nombre del archivo y elegido el directorio donde lo quieres guardar pulsa el botón **Guardar (Save)**.





Para más información, contacta:
support.3d.es@bq.com

www.bq.com
diwo.bq.com