

# **MANUAL DEL PROGRAMA PARA CÁLCULO DE LAS ÁREAS DE RIESGO EN REDES DE LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN (RED LATs) A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE DATOS PNOA LIDAR Y RPAS LIDAR**

**DESARROLLADO POR LA UCLM EN EL PROYECTO:**

## **SISTEMA DE GESTIÓN INTELIGENTE DEL MANTENIMIENTO DE PLANTAS FOTOVOLTAICAS Y LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN Y ANÁLISIS DE MASAS FORESTALES EN LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN (SGIM)**

Versión: 20210319, Autor: David Hernández López, [david.hernandez@uclm.es](mailto:david.hernandez@uclm.es)

### **1. INTRODUCCIÓN**

En este documento se describe el uso de las herramientas desarrolladas por la UCLM para realizar el cálculo de las áreas de riesgo en redes de líneas de alta tensión (RED LATs) a partir del procesamiento de datos LIDAR procedentes del proyecto PNOA o adquiridos con un equipo LIDAR embarcado en un RPAS.

Las herramientas consisten en un conjunto de complementos para el programa QGis, versión 3.4.2, o posteriores, que se completan con llamadas a programas de LASTOOLS del que se posee licencia en el contexto de este proyecto de investigación.

Las herramientas se encuentran en el NAS: proyectos\uclm\software

Estas herramientas se despliegan en varias carpetas instaladas en los equipos:

- Las herramientas LASTOOLS se deben instalar en C:\LAStools2021, de forma que los programas están en la carpeta: C:\LAStools2021\bin

Los complementos para QGis se encuentran en la carpeta de complementos de QGis de versión 3 o superior:

- C:\Users\PCRPAS03\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\point \_cloud\_tools
- C:\Users\PCRPAS03\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\mod el\_management\_tools
- C:\Users\PCRPAS03\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\ photogrammetry\_tools, (este complemento no se usa en este documento)

Las claves para los tres ordenadores son: 17666887867 para el ordenador PCRPAS03, 7666709686766 para el ordenador PC2RPAS y 99676768658 para el ordenador Fran. Cada clave está en un fichero key.txt:

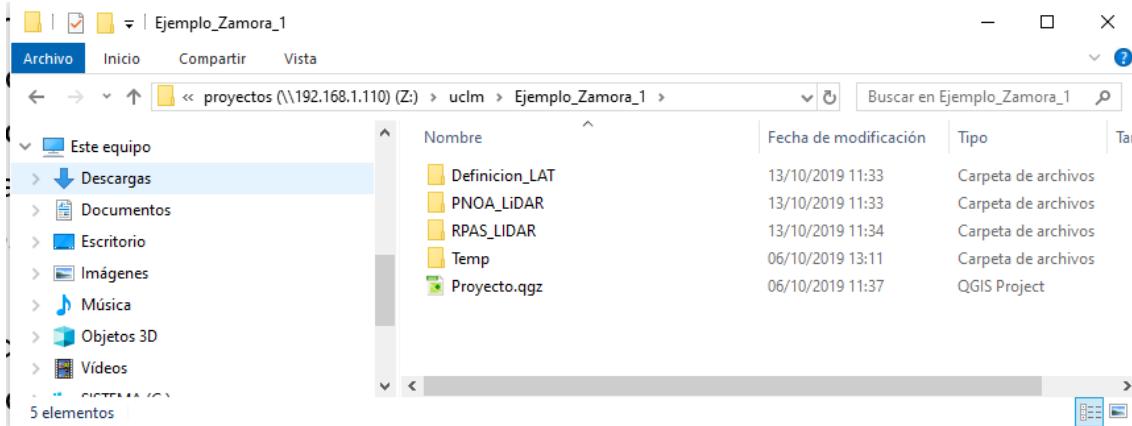
C:\Users\PCRPAS03\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins

pero debe copiarse en la carpeta \libCpp de cada plugin en ese ordenador.

El hilo conductor de la descripción de las herramientas es un caso de uso facilitado por Eiffage correspondiente al vuelo de un tramo de RED LATs en Zamora. Se recomienda emplear una ruta en un disco de estado sólido.

Los datos de partida y el resultado de todo el procesamiento explicado en este documento se encuentran en el fichero comprimido: proyectos\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1.zip del NAS. Esta carpeta se debe copiar en la ruta elegida para el procesamiento, que para este ejemplo es:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1:



En este proyecto se utiliza el CRS EPSG: 25830. Todos los ficheros que se creen y que se importen deben estar referidos a este CRS.

## 2. DEFINICIÓN DE LA RED DE LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN

La definición de la geometría y de la semántica de la LAT, así como una serie de zonas de interés vinculadas, se concreta en un conjunto de ficheros en formato shapefile que han de ser creados con la funcionalidad propia de QGis. La ruta empleada en este caso es:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\Definicion\_LAT

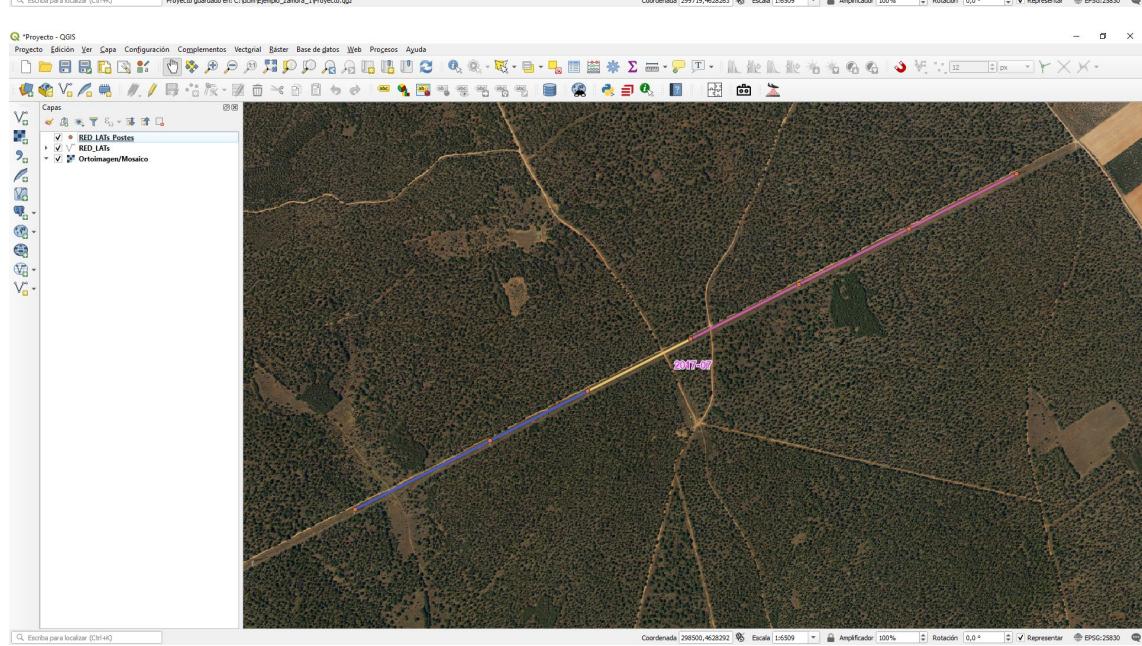
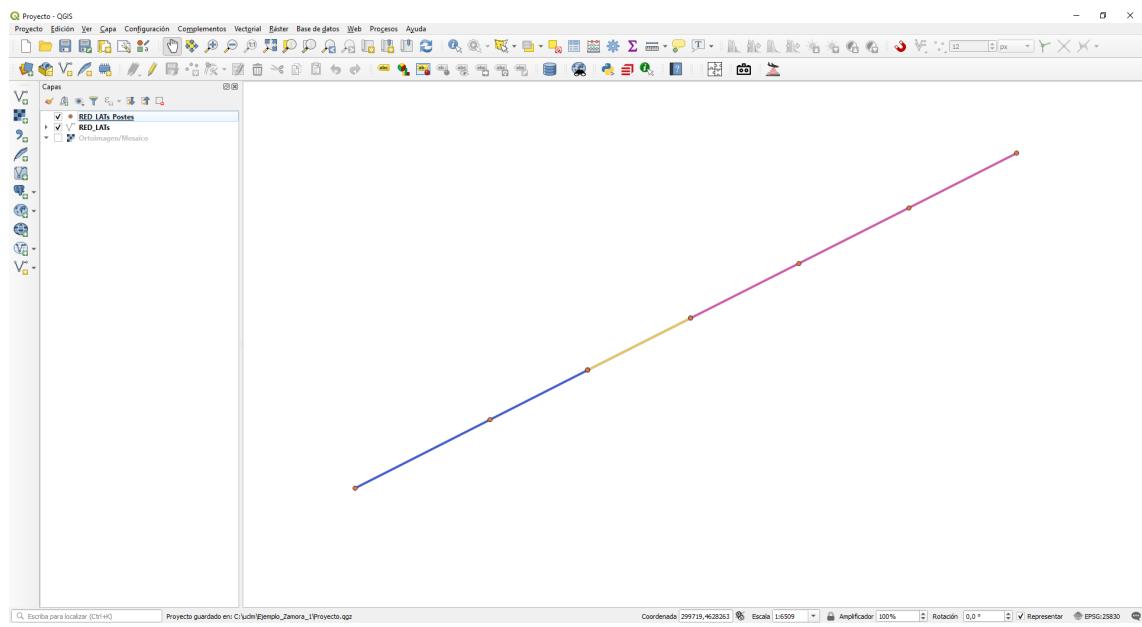
El primer fichero que se debe crear es un shapefile de puntos que contenga un vértice para cada poste de la RED. En el ejemplo este fichero es:

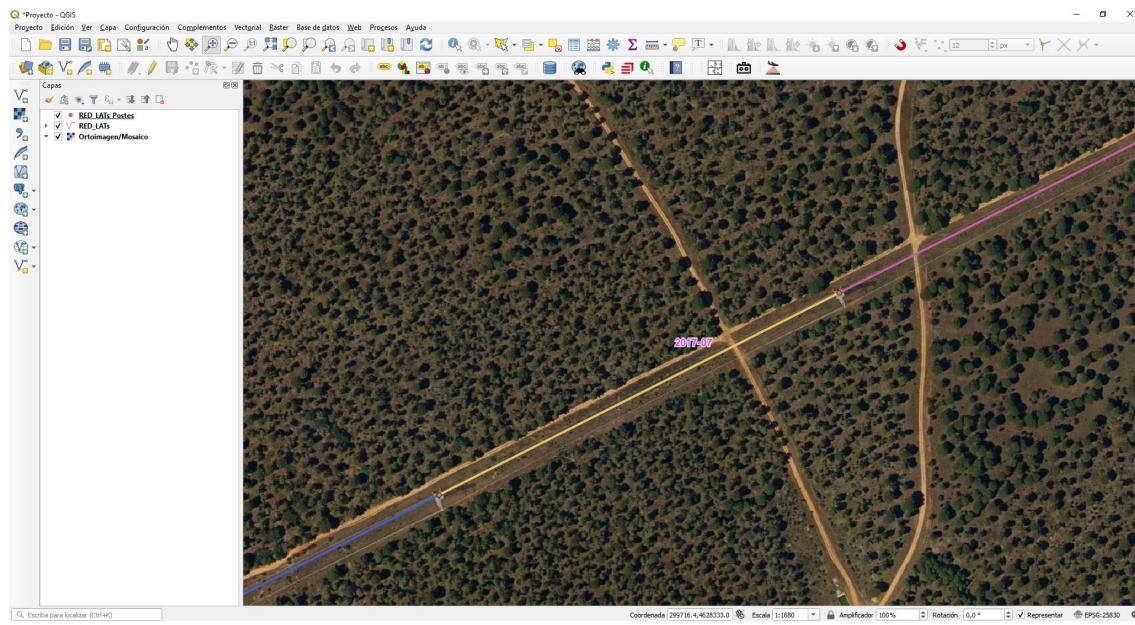
C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\Definicion\_LAT\RED\_LATs\_Postes.shp

Este fichero se ha creado fotointerpretando la posición del centro de los postes sobre la ortoimagen de PNOA cargada por WMS. Se podría obtener a partir de información de la LAT en algún formato que permitiera su conversión a shapefile.

A continuación, apoyándose en los vértices del fichero de postes creado, empleando las herramientas de autoensamblado para coger exactamente la posición de los puntos, se debe crear un shapefile de líneas que expresará la RED LATs mediante una LINESTRING por LAT. Cada poste de una LAT será un vértice en el LINESTRING de la LAT, pudiendo pertenecer un mismo poste a varios tramos de la misma LAT o de varias LATs diferentes de la RED. Este fichero puede contener un campo en el que se asigna la denominación a cada LAT de la RED. En el ejemplo este fichero es:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\Definicion\_LAT\RED\_LATs.shp



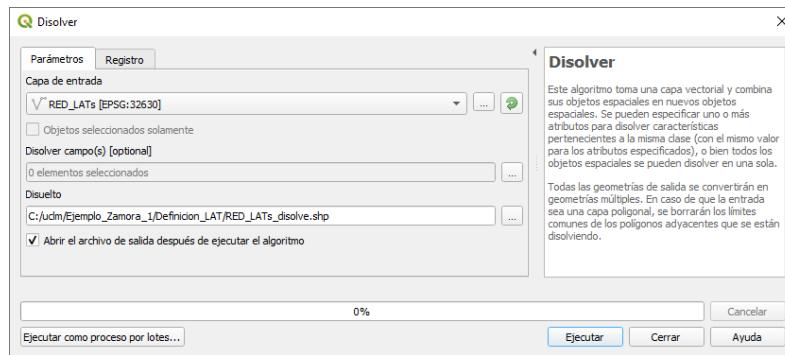


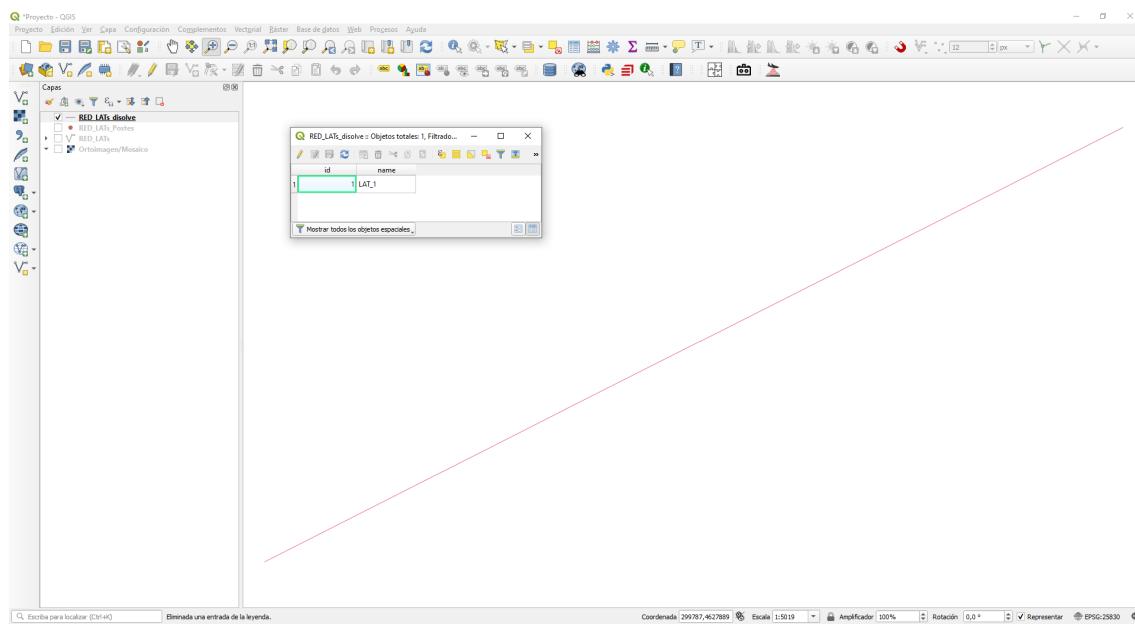
Para crear shapefiles de tipo polígono que representen el área de interés (ROI), así como otras áreas de buffer útiles en diferentes pasos del procesamiento posterior, se debe obtener un fichero shapefile de líneas que tenga una única línea. En este ejemplo se ha usado la herramienta de geoprocreso disolver sobre el shapefile:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\Definicion\_LAT\RED\_LATs.shp

para obtener el shapefile:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\Definicion\_LAT\RED\_LATs\_dissolve.shp

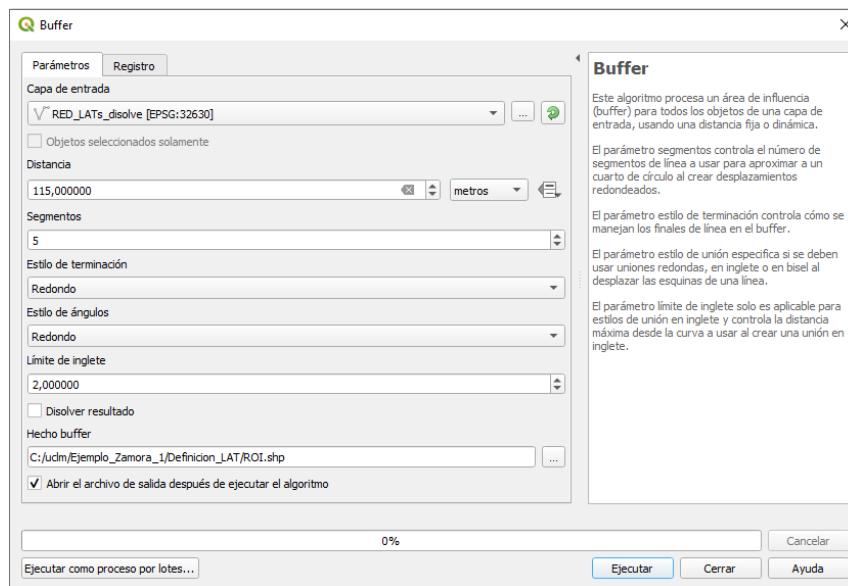


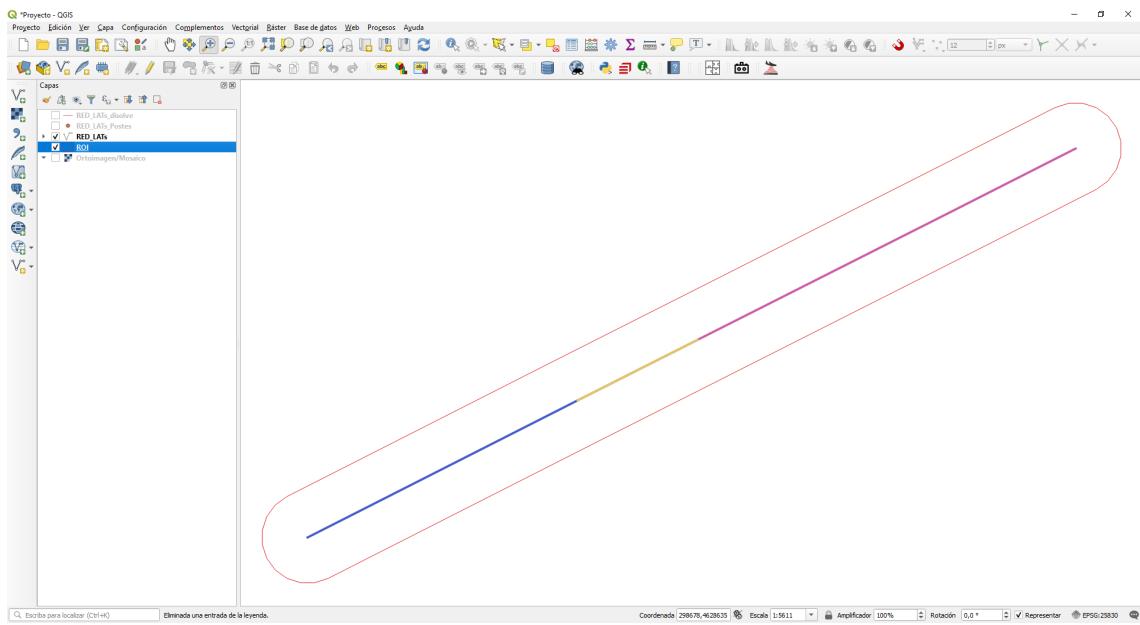


El shapefile de tipo polígono con la definición de la región de interés:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\Definicion\_LAT\ROI.shp

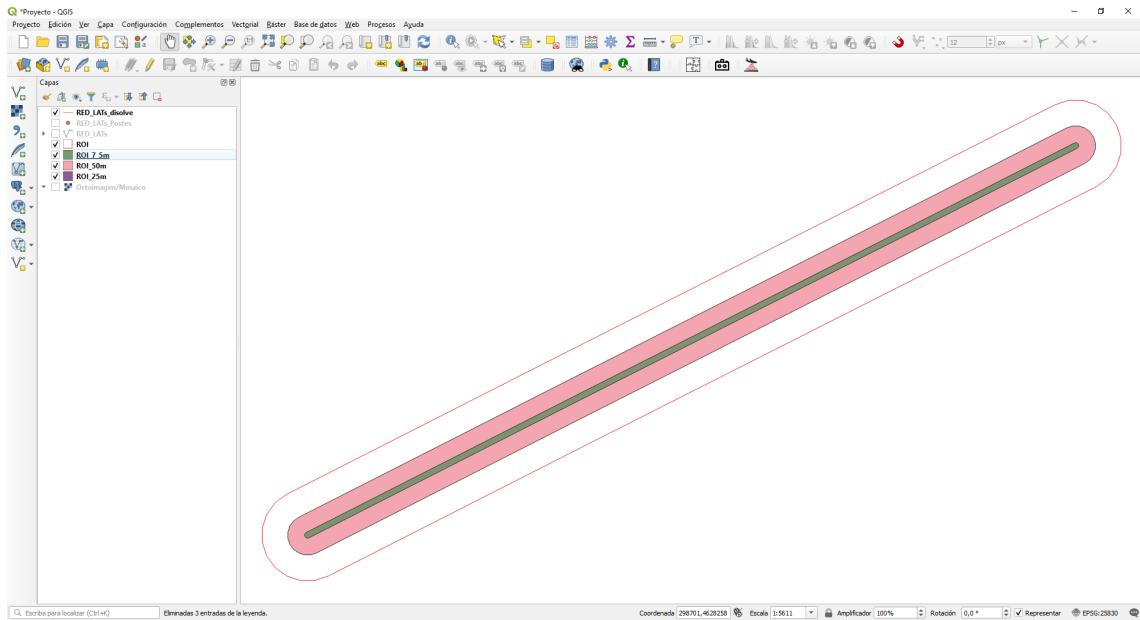
se obtiene con la herramienta de geoprocreso buffer, con un valor de distancia de 115 metros:





De forma similar a cómo se ha obtenido el shapefile de la ROI, para algunos algoritmos del preprocesamiento de los ficheros LIDAR, tanto de PNOA LIDAR como de RPAS LIDAR, se deben crear cuatro ficheros shapefiles de tipo polígono como resultado del geoprocreso buffer con distancias de 50, 25, 15 y 7.5 metros. Los ficheros resultantes están en la ruta:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\Definicion\_LAT



### 3. PROCESAMIENTO CON DATOS PNOA LIDAR

Este procesamiento se ha realizado en la ruta:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\PNOA\_LiDAR

#### 3.1. Descarga de datos de PNOA LIDAR

Los datos de PNOA LIDAR se deben descargar de la página del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG):

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp#>

empleando la opción de búsqueda por archivo, para lo que se debe exportar la ROI al CRS que admite la aplicación, EPSG:4326, coordenadas geográficas referidas a WGS84, lo que se puede hacer con QGis:

The screenshot shows two overlapping windows. The top window is a 'Guardar capa vectorial como...' (Save Vector Layer as...) dialog from QGIS. It has the following settings:

- Formato: Archivo shape de ESRI
- Nombre de archivo: C:\udm\Ejemplo\_Zamora\_1\Definicion\_LAT\ROI\_4326.shp
- Nombre de la capa:
- SRC: EPSG:4326 - WGS 84
- Codificación: UTF-8
- Guardar sólo los objetos espaciales seleccionados (unchecked)
- Añadir archivo guardado al mapa (checked)
- Selección campos a exportar y sus opciones de exportación
- Geometría: Tipo de geometría: Automático
- Extensión (actual: capa)
- Opciones de capa: RESIZE: NO, SHPT:
- Opciones personalizadas

The bottom window is the 'Centro de Descargas' website interface. It features a header with the Spanish flag, the text 'CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA', and social media links. The main content area includes a map showing a blue polygon representing the ROI, search and download buttons, and a legend at the bottom.

TOTAL FICHEROS: 6

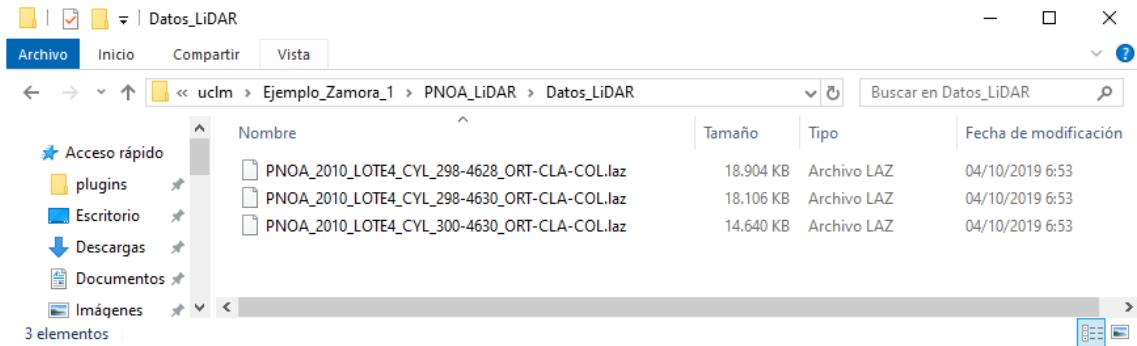
Modelos Digitales de Elevaciones  
LIDAR 1º Cobertura (2008-2015)

Total ficheros LIDAR 1º Cobertura (2008-2015): 6

Filtro sobre los resultados

Nombre	Formato	Tamaño (MB)	Localizar	Descargar	Añadir
Coloreado (IRC) 2010 - PNOA-2010-LOTE4-CYL-298-4628-ORT-CLA-CIR.LAZ	Laz	18.23			
Coloreado (IRC) 2010 - PNOA-2010-LOTE4-CYL-298-4630-ORT-CLA-CIR.LAZ	Laz	17.43			
Coloreado (IRC) 2010 - PNOA-2010-LOTE4-CYL-300-4630-ORT-CLA-CIR.LAZ	Laz	13.79			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE4-CYL-298-4628-ORT-CLA-COL.LAZ	Laz	18.46			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE4-CYL-298-4630-ORT-CLA-COL.LAZ	Laz	17.68			
Coloreado (RGB) 2010 - PNOA-2010-LOTE4-CYL-300-4630-ORT-CLA-COL.LAZ	Laz	14.30			

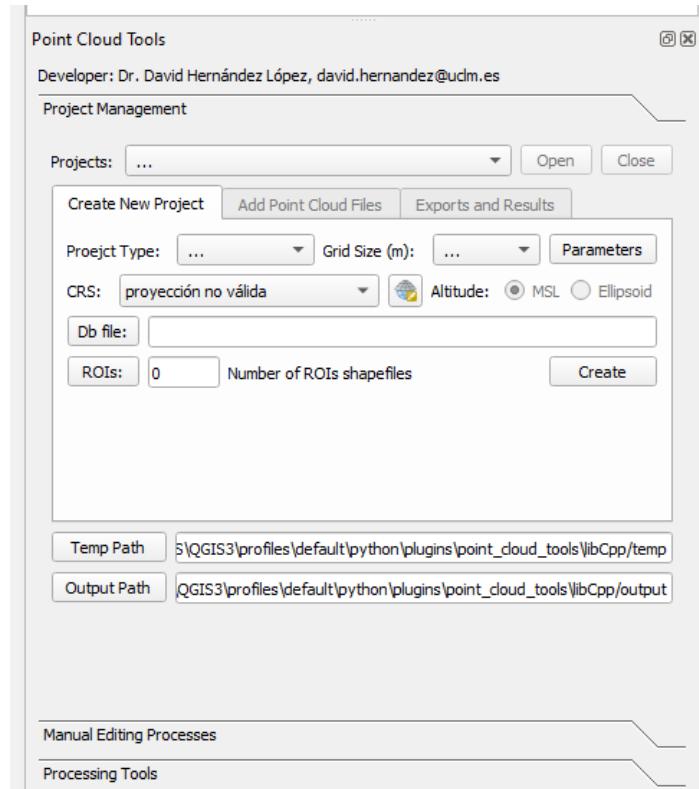
Para este ejemplo se han descargado los tres ficheros PNOA LIDAR con color, obviando los de falso color, con infrarrojo.



### 3.2. Proyecto de nube de puntos

El objetivo de este paso es obtener una base de datos de un proyecto de nube de puntos que se usará después en el proyecto de gestión de modelos.

Este proceso se realizará con el complemento *Point Cloud Tools*, accesible con el botón . Conviene cerrar QGis, volver a abrirlo y pulsar en el ícono a continuación, desplegándose el componente gráfico principal del proyecto en la parte inferior izquierda.



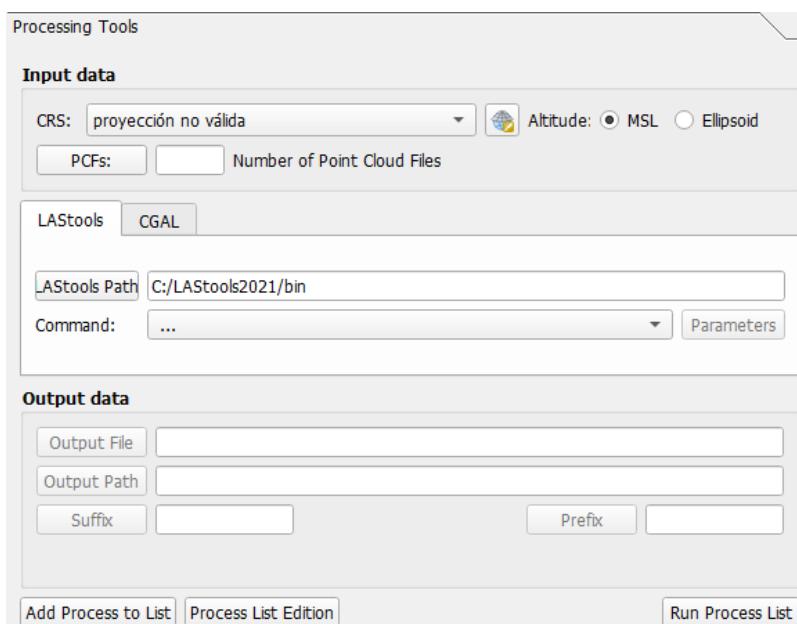
El componente gráfico principal consta de tres apartados distribuidos en vertical:

- *Project Management*, donde se creará el proyecto, se insertarán los puntos procedentes de ficheros LAS/LAZ y desde donde se puede exportar los cambios resultado de edición. Se deberá cargar todos los ficheros necesarios antes de pasar al procesamiento.
- *Manual Editing Processes*, que permite la carga y edición de puntos en QGis o en un visor 3D.
- *Processing Tools*, dedicado a lanzar procesos útiles para diferentes fines.

Antes de crear el proyecto se van a realizar una serie de procesos para preparar y optimizar información a partir de las nubes de puntos PNOA-LIDAR

### 3.2.1.Preprocesamiento

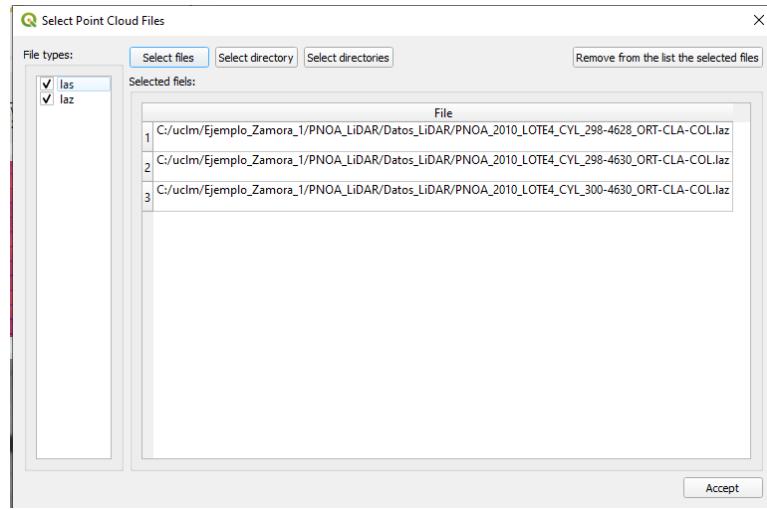
Pulsando en la pestaña Processing Tools se muestra el componente que permitirá realizar el preprocesamiento.



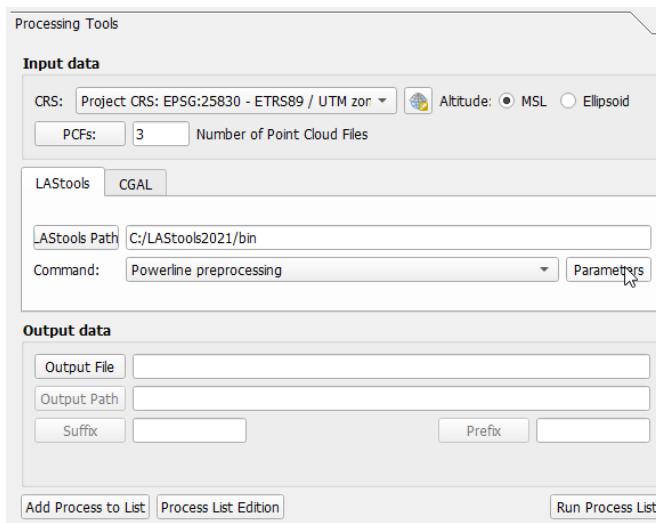
Se procede a seguir una serie de pasos de selección, de arriba abajo.

En primer lugar, se debe elegir el CRS al que están referidos los ficheros PNOA LIDAR, EPSG:25830 y altitudes MSL (ortométricas).

A continuación, pulsando en el botón PCFs, se deben elegir los ficheros PNOA LIDAR a preprocesar, los tres ficheros descargados de la Web del CNIG. Se despliega un diálogo que permite una selección muy sencilla e intuitiva de ficheros.



A continuación, en la pestaña correspondiente al tipo de procesamiento a realizar, LASTOOLS, en este caso, se puede elegir la ruta de instalación de las herramientas de LASTOOLS, y, en la lista de selección de *Command*, se debe elegir la opción *Powerline Preprocessing*, eligiendo a continuación los parámetros de procesamiento en el diálogo que se despliega tras pulsar en el botón *Parameters*.



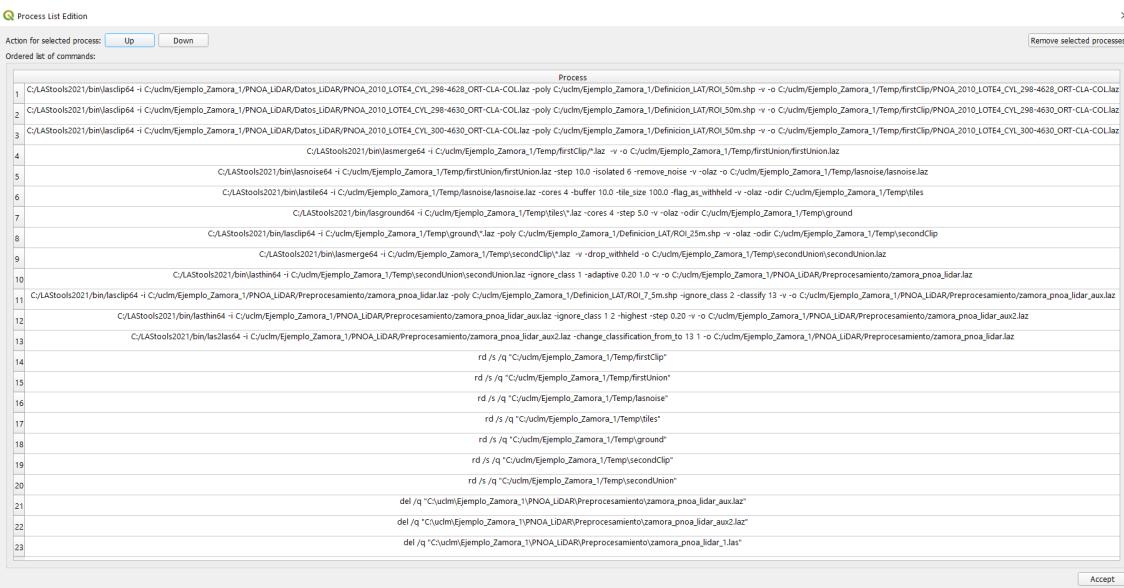
Parameters					
	Code	Enabled	Value	Description	Type
1	PP_Jastile_buffer	Si	10.0	Buffer for tiles	Double precision number
2	pp_lasclip_first_shapefile	Si	C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Definicion_LAT/ROI_50m.shp	First shapefile for clip	File
3	pp_lasclip_second_shapefile	Si	C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Definicion_LAT/ROI_25m.shp	Second shapefile for clip. 25 m for PNOA-LIDAR	File
4	pp_lasclip_third_shapefile	Si	C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Definicion_LAT/ROI_7_5m.shp	Third shapefile for clip	File
5	pp_lasground_cores	Si	4	Number of cores	Integer number
6	pp_lasground_step	Si	5.0	Step for ground classification. 1.0 for uav lidar, 5 for PNOA-LIDAR	Double precision number
7	pp_lasnoise_isolated	Si	6	Minimum number of points in areas around a point to find outliers	Integer number
8	PP_lasnoise_step	Si	10.0	Size of 3x3x3 areas around a point to find outliers. Use 10 m for PNOA-LIDAR	Double precision number
9	pp_lasthin_amd	Si	1.0	Adaptative maximum distance between points	Double precision number
10	pp_lasthin_avt	Si	0.20	Adaptative vertical tolerance	Double precision number
11	pp_lasthin_step_out_powerline	Si	0.20	Adaptative vertical tolerance	Double precision number
12	pp_lastile_cores	Si	4	Number of cores	Integer number
13	pp_lastile_tile_buffer	Si	10.0	Buffer for tiles	Double precision number
14	pp_lastile_tile_size	Si	100.0	Output tile size	Double precision number
15	pp_temporal_path	Si	C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp	Empty base path for auxiliary temporal folders	Path

Para modificar cualquier parámetro basta con pulsar en la celda correspondiente en la columna *Value*. En la captura anterior se observa que se han seleccionado ficheros shapefile creados anteriormente. Algunos de los valores elegidos como óptimos para ciertos parámetros dependen de si se trata de un caso de PNOA LIDAR o de RPAS LIDAR, debido a la diferencia en densidad de puntos. También se elige una ruta para ficheros auxiliares que se eliminarán automáticamente una vez finalizado el procesamiento, debiendo hacerlo manualmente el usuario en caso de fallo. Cualquier cambio en los parámetros se graba automáticamente en un fichero XML, de forma que será el empleado hasta que no sea modificado de nuevo.

A continuación, se debe elegir el fichero LAZ resultante del preprocesamiento, proponiéndose:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\PNOA\_LIDAR\Preprocesamiento\zamora\_pnoa\_lidar.laz

El siguiente paso es pulsar en el botón *Add Process to List*, pudiendo editarse tras pulsar en el botón *Process List Edition*:



The screenshot shows a software interface titled 'Process List Edition'. At the top, there are buttons for 'Up' and 'Down' to reorder processes, and a 'Remove selected processes' button. Below these are buttons for 'Ordered set of commands' and 'Accept'. The main area contains a list of numbered commands (1 to 28) representing LAS processing steps. The commands involve various tools like lasclip64, lasmerge64, lasnoise64, lasground64, and las2las64, with parameters such as ROI, file sizes, and noise levels. Some lines also show system commands like 'rd /s /q' and 'del /q' used for file deletion. The text is mostly in English with some Spanish words like 'zamora\_pnoa\_lidar.laz' and 'zamora\_pnoa\_lidar\_aux2.laz'.

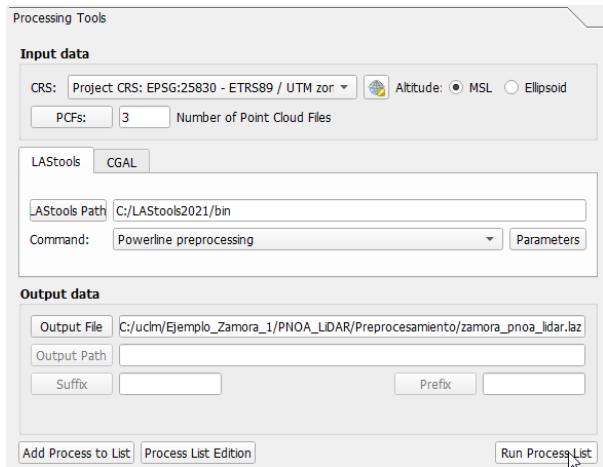
```

1 C/LAStools2021/bin/lasclip64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LIDAR/Datos/ROI50m.shp -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/firstClip/PNOA_2010_LOTE4_CYL_298-4628ORT-CLACOL.laz
2 C/LAStools2021/bin/lasclip64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LIDAR/Datos/ROI50m.shp -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/firstClip/PNOA_2010_LOTE4_CYL_298-4630ORT-CLACOL.laz
3 C/LAStools2021/bin/lasclip64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LIDAR/Datos/ROI50m.shp -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/firstClip/PNOA_2010_LOTE4_CYL_300-4630ORT-CLACOL.laz
4 C/LAStools2021/bin/lasmerge64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/firstClip.laz -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/firstUnion.laz
5 C/LAStools2021/bin/lasnoise64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/firstUnion.laz -step 10.0-isolated 6-remove_noise -v -olaz -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/lasnoise.laz
6 C/LAStools2021/bin/las2las64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/lasnoise.laz -cores 4-buffer 10.0-file_size 100.0-flag_as_withheld -v -olaz -odir C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/tiles
7 C/LAStools2021/bin/lasground64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/tiles.laz -cores 4-step 5.0 -v -olaz -odir C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/secondClip
8 C/LAStools2021/bin/lasclip64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/ground.laz -poly C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Definicion_LAZ/ROI_25m.shp -v -olaz -odir C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/secondClip
9 C/LAStools2021/bin/lasmerge64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/secondClip.laz -v -drop_withheld -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/secondUnion.laz
10 C/LAStools2021/bin/las2las64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/secondUnion.laz -ignore_class 1-adaptive 0.20 -v -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_pnoa_lidar_aux2.laz
11 C/LAStools2021/bin/lasnoise64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_pnoa_lidar.laz -poly C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Definicion_LAZ/ROI_7.5m.shp -ignore_class 2-classify 13 -v -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_pnoa_lidar_aux2.laz
12 C/LAStools2021/bin/las2las64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_pnoa_lidar_aux2.laz -ignore_class 1-2-highest -steep 0.20 -v -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_pnoa_lidar_aux2.laz
13 C/LAStools2021/bin/las2las64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_pnoa_lidar_aux2.laz -change_classification_from_to 13 1 -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_pnoa_lidar.laz
14 rd /s /q C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/firstClip*
15 rd /s /q C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/firstUnion*
16 rd /s /q C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/lasnoise*
17 rd /s /q C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/tiles*
18 rd /s /q C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/ground*
19 rd /s /q C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/secondClip*
20 rd /s /q C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/secondUnion*
21 del /q C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_pnoa_lidar_aux2.laz*
22 del /q C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_pnoa_lidar_aux2.laz*
23 del /q C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_pnoa_lidar.laz*

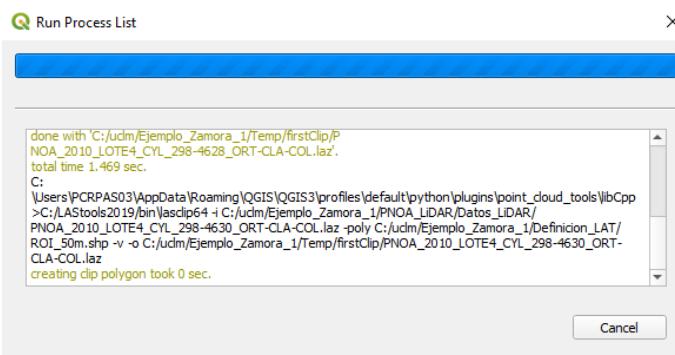
```

El contenido de la lista anterior no es sino una secuencia ordenada de llamadas a programas ejecutables de LASTOOLS, además de algunos comandos del sistema operativo.

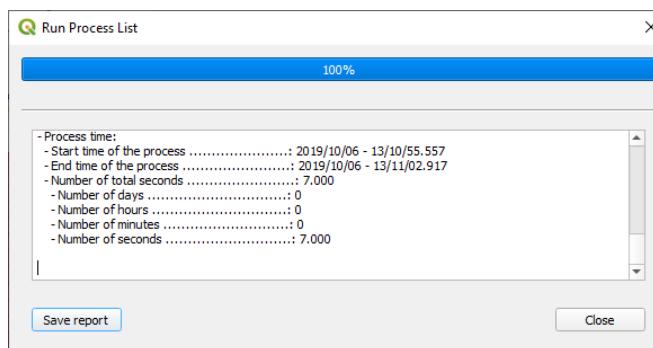
Antes de lanzar la ejecución de los procesos se debe desactivar el antivirus ya que interpreta estos comandos como necesarios de ser analizados y se provoca su interrupción momentánea y fallo, ya que cada comando precisa que haya finalizado correctamente el anterior. Esta lista se almacenará en un fichero .BAT que se ejecuta al pulsar en el botón *Run Process List*,



desplegándose un diálogo donde se va mostrando la salida estándar:



que al finalizar muestra el tiempo de ejecución, y cuyo contenido se puede guardar en un fichero pulsando en el botón *Save report*.

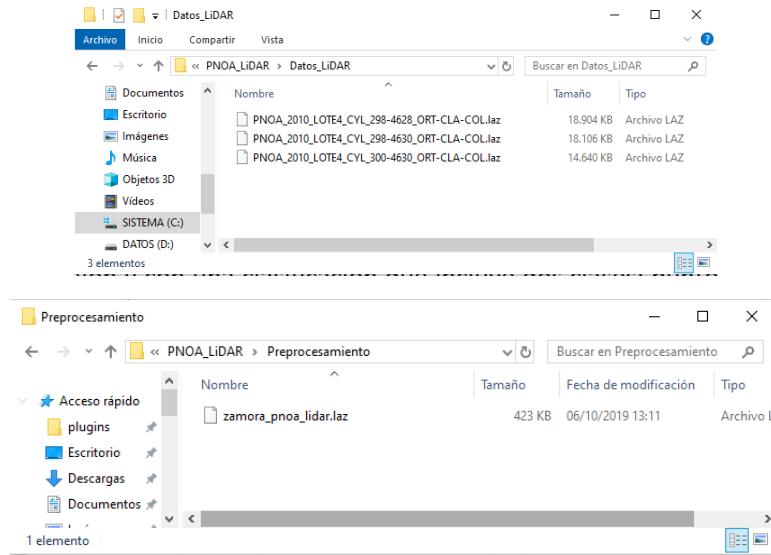


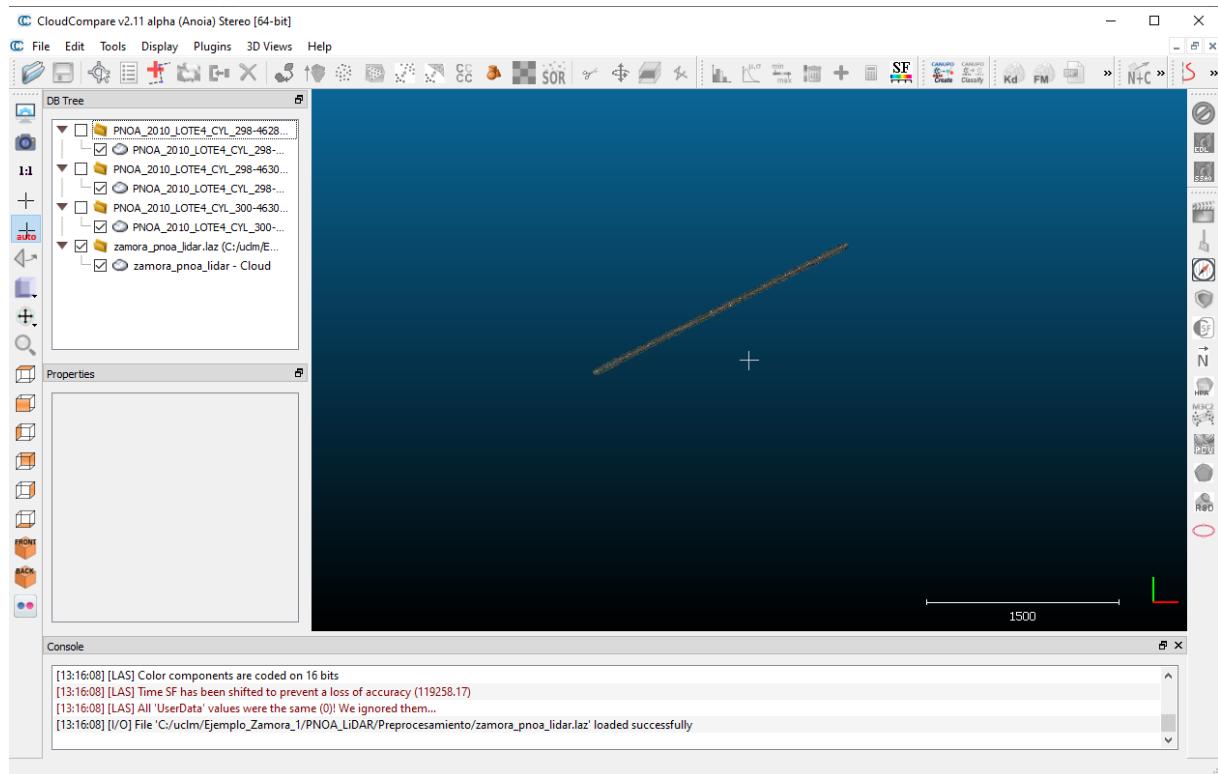
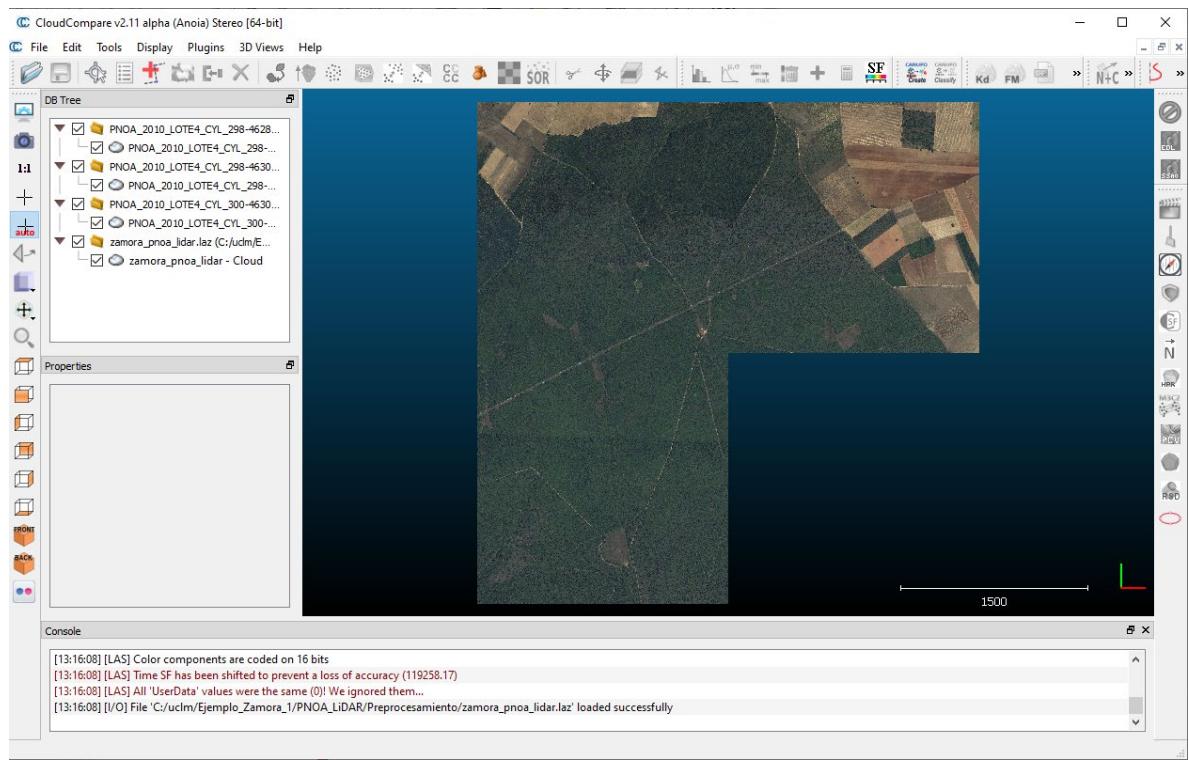
Por si se desea consultar, el fichero .bat se encuentra en la carpeta \libCpp de la ruta de instalación del complemento:

```
C:\Users\PCRPAS03\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\point_cloud_tools\libCpp\Temp.bat
```

que será modificado por cualquier proceso posterior de este complemento que también consista en la ejecución de un fichero .bat.

El resultado del preprocesamiento será un único fichero optimizado en densidad, región con puntos, y con una clasificación que incluye sólo dos clases: puntos de terreno y puntos no clasificados. Adviértase que, en este caso, se han pasado de tres ficheros LAZ, de unos 16 Mb cada uno, a un único fichero LAZ de menos de 0.5 Mb, lo que agilizará en gran medida procesos posteriores.

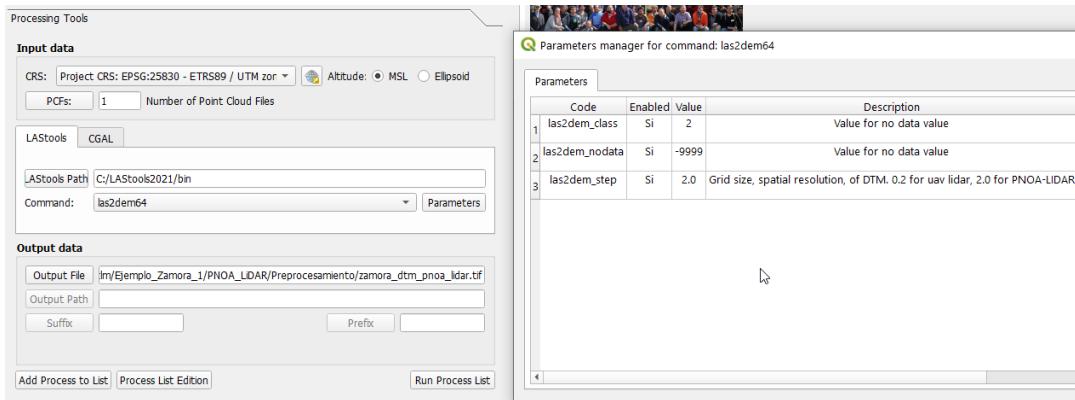




### 3.2.2. Creación de un modelo digital del terreno

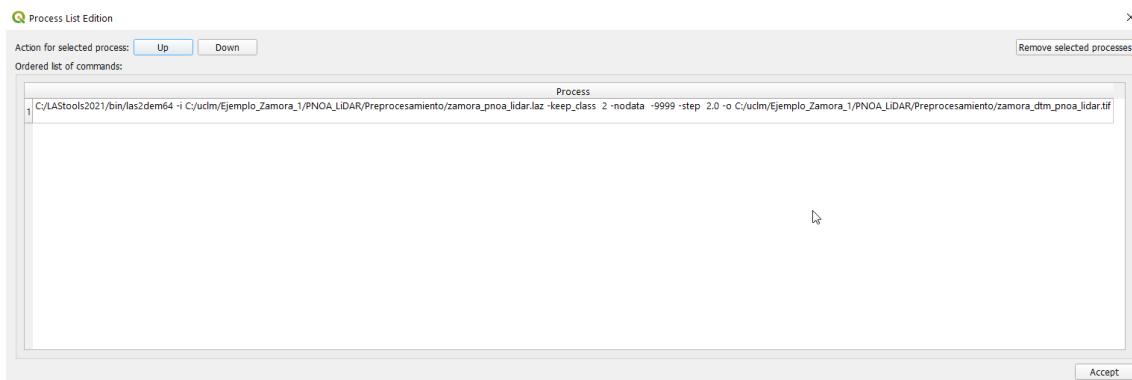
En este paso se va a crear un modelo digital del terreno (DTM) en formato raster GeoTIFF a partir del fichero de puntos LAS clasificado resultante del paso anterior, para lo que se procede de forma similar al caso anterior, pero eligiendo ahora como único fichero de partida el creado en el paso anterior, el proceso de LASTOOLS *las2dem64*, el fichero de salida (.tif) y los parámetros adecuados, comenzando por editar la lista de ficheros LAS/LAZ de entrada, eliminar los tres

anteriores (si aparecen porque no se ha cerrado y vuelto a abrir) y añadir el resultado del preprocesamiento anterior:



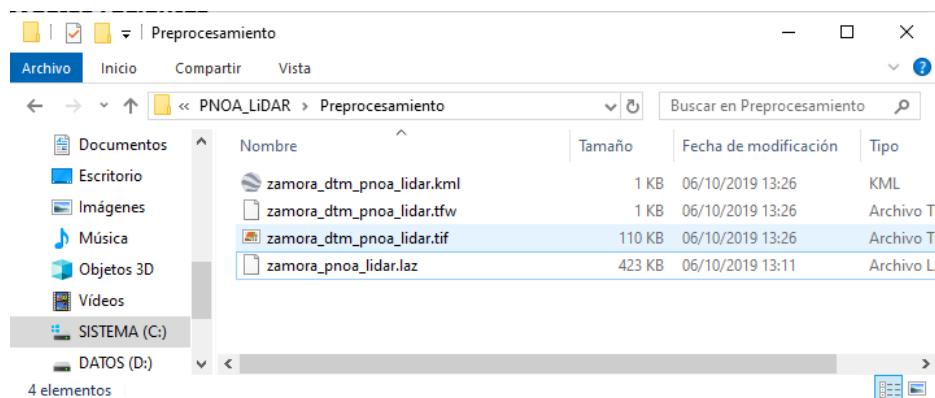
Para crear una lista de procesos que sólo incluya este nuevo proceso, se pueden seguir, por ejemplo, dos posibles alternativas:

- Editar la lista, eliminar todos los procesos y añadir el último.
- Añadir el último, editar la lista y eliminar todos los anteriores.



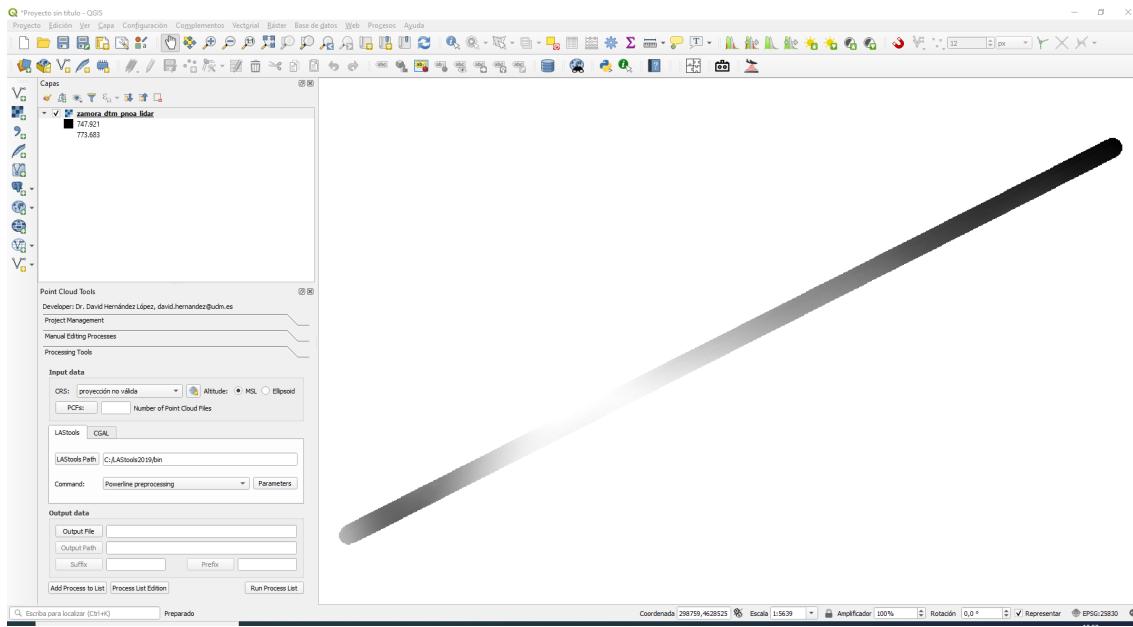
Tras pulsar en *Run Process List* se lanzará el proceso, cuyo resultado será el DTM elegido:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\PNOA\_LiDAR\Preprocesamiento\zamora\_dtm\_pnoa\_lidar.tif



Adviértase que este fichero ocupa 0.1 MB debido a que la zona es pequeña y la resolución espacial elegida es de 2.0 m, adecuada porque la densidad de la primera cobertura de vuelo PNOA LIDAR es de 1 punto cada 2 metros cuadrados.

Es importante realizar una inspección de este fichero para intentar detectar alguna anomalía, normalmente manifestada como fuertes cambio de altitud en zonas pequeñas, lo que puede ser debido a errores en los datos o a la incorrecta elección de algún parámetro en el proceso *Powerline Preprocessing*, especialmente en el tamaño del paso para la clasificación de terreno, para el que se recomienda un valor de 5 m para PNOA LIDAR y 1 m para RPAS LIDAR.



### 3.2.3. Creación del proyecto de nubes de puntos

Tras abrir QGis y abrir el complemento Point Cloud Tools, se debe seleccionar la pestaña *Project Management*, apareciendo activa la pestaña *Create New Project*.

Para crear un nuevo proyecto se deben elegir:

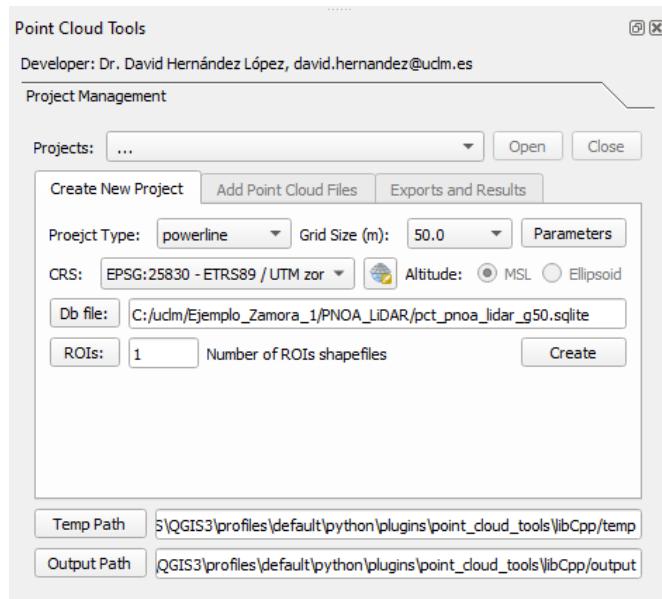
- Tipo de proyecto (*powerline*, en este caso)
- Tamaño para el tileado de la nube de puntos (recomendándose 50 m para PNOA LIDAR y 20 m para RPAS LIDAR)
- Parámetros (pulsando en el botón *parameters*, y que de momento sólo incluye variables para el autor y la empresa, y otros relativos a información a cargar de los puntos pero que no tiene interés para este tipo de procesamiento).
- CRS, EPSG:25830 en este ejemplo. Es importante utilizar siempre el mismo CRS en todo el proceso, tanto con este complemento como con el de modelado. Adviértase que de momento sólo se contempla la opción de trabajar con altitudes ortométricas, referidas al nivel medio del mar (Mean Sea Level, MSL). No obstante, existe un comando de LASTOOLS para convertir el sistema de altitudes de ficheros de nubes de puntos, pudiendo emplearse para pasar de altitudes elipsoidales a ortométricas.
- Fichero para la base de datos, de extensión sqlite, pulsando en el botón *Db File*, que para este ejemplo será:  
C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\PNOA\_LiDAR\pct\_pnoa\_lidar\_g50.sqlite
- Shapefile de tipo polígono donde figura la definición de la región de interés, creado en un paso anterior:  
C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\Definicion\_LAT\ROI.shp

- Ruta temporal para resultados de procesos, que debe elegirse con la precaución de que tenga el suficiente espacio, al menos 1 GByte. Por defecto, esta ruta está establecida a una carpeta del propio complemento:

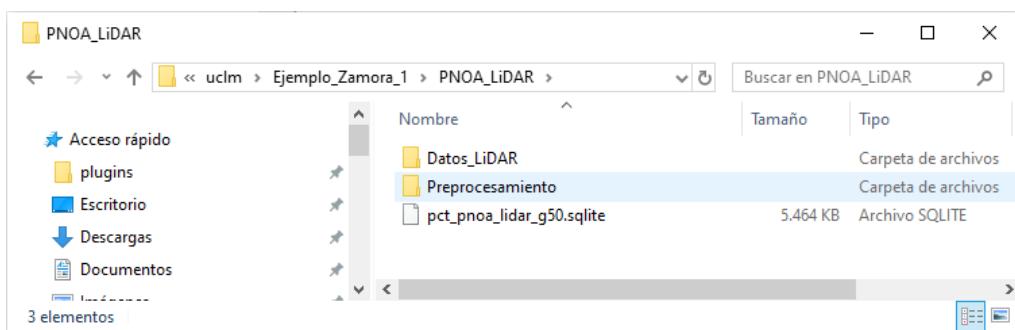
C:\Users\PCRPAS03\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\point\_cloud\_tools\libCpp\temp

- Ruta para los ficheros de resultados de algunos procesos, que serán comentados posteriormente. Por defecto, esta ruta está establecida a una carpeta del propio complemento:

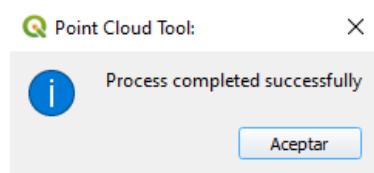
C:\Users\PCRPAS03\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\point\_cloud\_tools\libCpp\output



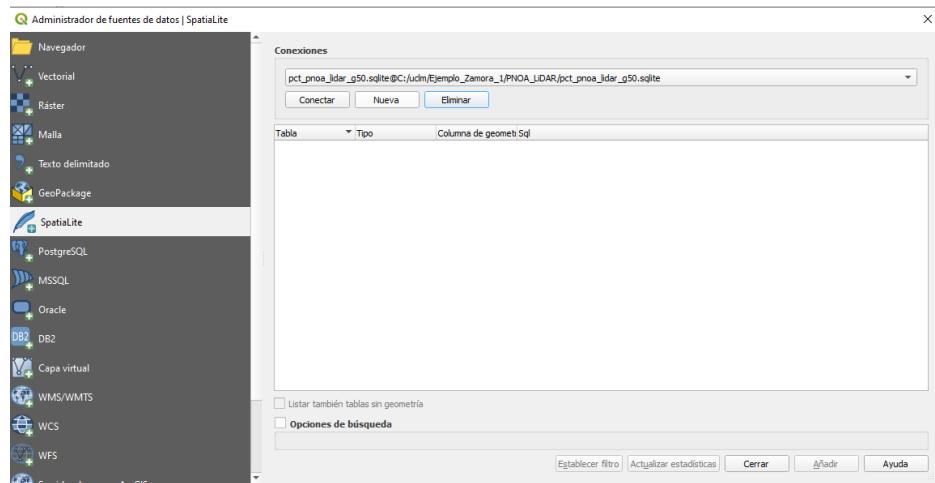
Tras pulsar en el botón *Create*, se habrá creado el fichero de la base de datos, a partir de una plantilla.



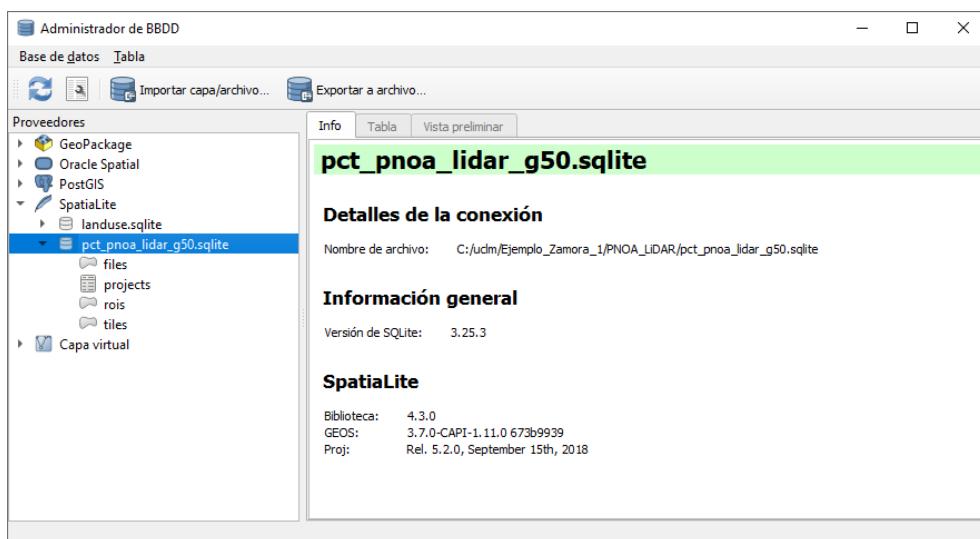
Nota.- Cuando un proceso finaliza correctamente, salvo los de comandos de LASTTOOLS, se despliega un diálogo que además permite identificar que ya se puede continuar, debiendo esperar hasta que aparezca ya que hay algunos procesos en los que se cierra un diálogo de progreso pero continua realizando operaciones en la base de datos, lo que exige esperar hasta la correcta finalización.



En el proceso de creación del proyecto no sólo se crea el fichero de la base de datos, sino que también se crea automáticamente una conexión a base de datos de tipo spatialite,

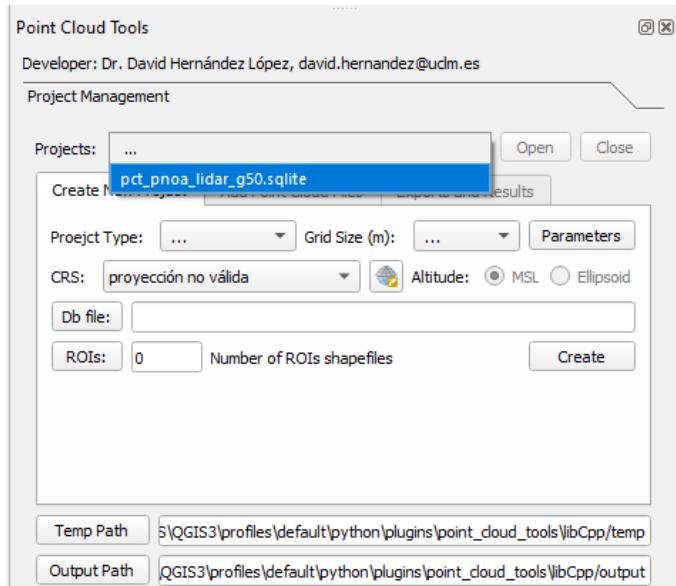


La base de datos puede ser consultada y empleada como cualquier base de datos espacial con las herramientas estándar de QGis, menú *Base de datos -> Administrador de bases de datos ...*, o botón 



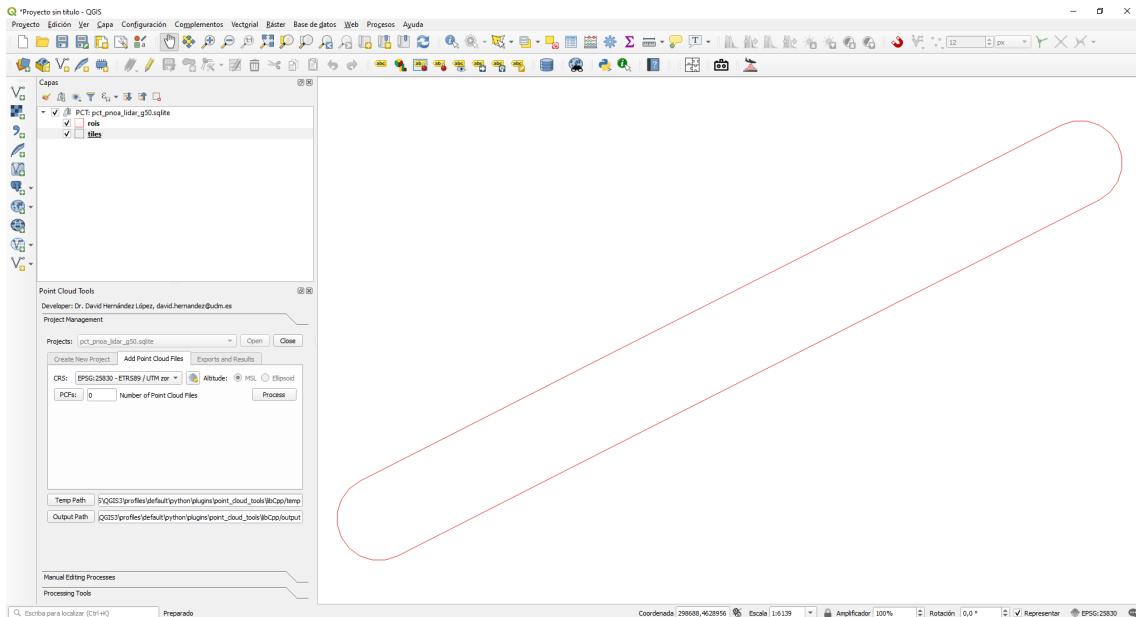
### 3.2.4. Inserción de los puntos en el proyecto

Aunque en el paso anterior se ha creado el proyecto, no ha sido abierto, de manera que lo primero es proceder a su apertura seleccionándolo de la lista de proyectos disponibles y pulsando en el botón *Open*, que se habilita cuando hay algún proyecto seleccionado.



Una vez abierto el proyecto, se deshabilita el botón *Open* y se habilita el botón *Close*. La apertura y cierre de diferentes proyectos en la misma ejecución de QGis no está lo suficientemente testeada por lo que se puede provocar algún error, que se resolvería sin más que cerrar y volver a abrir QGis.

Tras abrir el proyecto, automáticamente se habilita el botón de cerrado, *Close*, y automáticamente se cargan algunas capas en el proyecto activo de QGis (a veces es necesario hacer un pequeño movimiento en el *Map Canvas*).



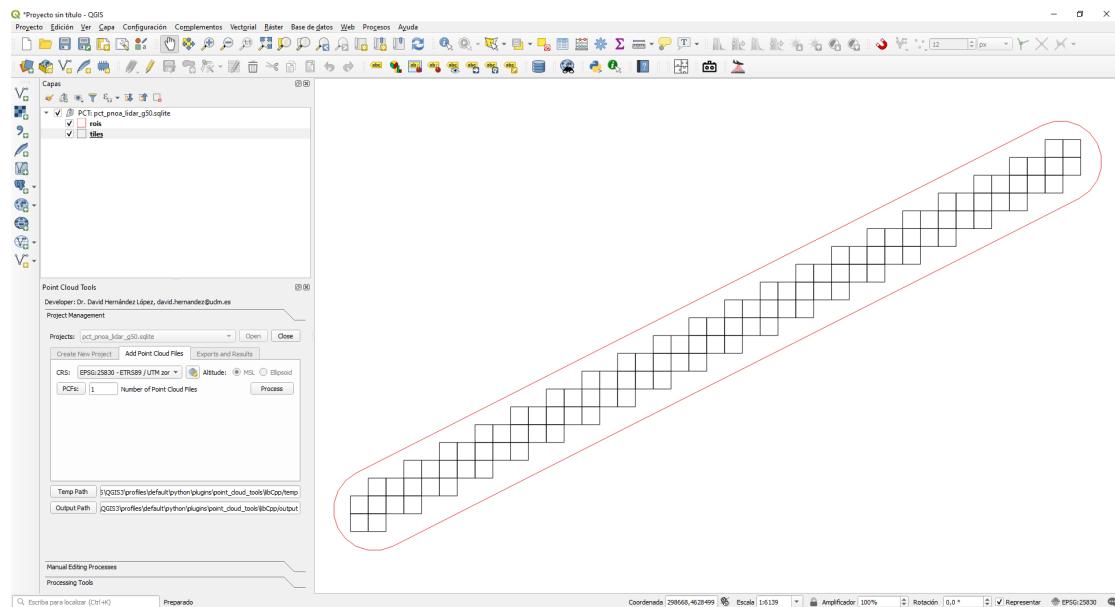
Adviértase que en este momento todavía no hay puntos cargados al proyecto por lo que únicamente tendrá contenido la capa *rois*.

Al abrir el proyecto también se activa la pestaña *Add Point Cloud Files* que se usa para añadir al proyecto los ficheros de nubes de puntos, para lo que basta con elegir el CRS al que vienen referidos (no se lee del propio fichero debido a que no hay un estándar de expresión de CRSs que sigan todos los softwares de creación y edición de LAS/LAS) y los propios ficheros a añadir,

pulsando en el botón *PCFs*. En nuestro caso el CRS es EPSG:25830 y se elige el fichero resultante del proceso Powerline Preprocessing:

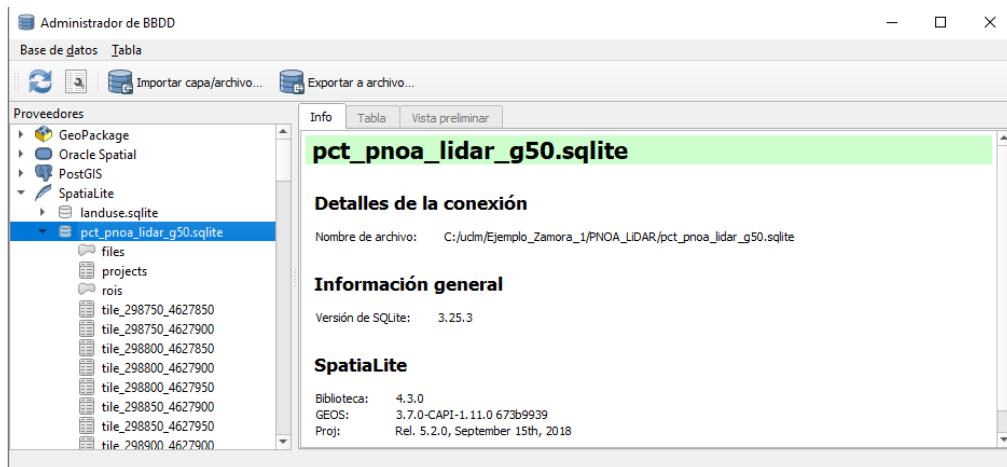
C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\PNOA\_LiDAR\Preprocesamiento\zamora\_pnoa\_lidar.laz

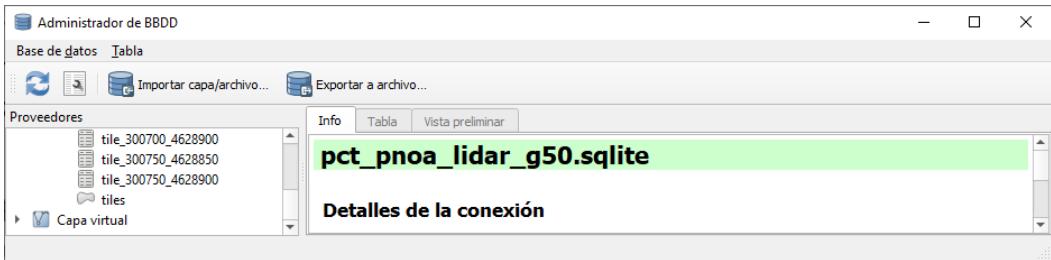
Tras pulsar en el botón *Process* se lanza la ejecución de un proceso cuya duración variará en función del volumen de información a procesar. En este ejemplo, dado el tamaño tan pequeño del fichero LAZ, el proceso es inmediato. Tras cerrar el diálogo de confirmación de éxito, se actualiza automáticamente el contenido de la capa tiles y se pueden observar los tiles para los que existen puntos.



Para que la base de datos tenga un tamaño contenido, de forma que se optimice el rendimiento, no se carga en la base de datos la geometría de cada punto, sus coordenadas, sino una referencia a su posición en el fichero LAZ correspondiente, además de una serie de atributos de interés para la edición y gestión del proyecto. Esto es muy importante porque exige que NO SE PUEDAN CAMBIAR DE RUTA LOS FICHEROS LAS/LAZ AÑADIDOS AL PROYECTO, ya que en otro caso se provocaría un fallo del programa. Esto obliga a realizar un análisis previo para elegir correctamente las rutas que han de persistir durante todo el trabajo.

Las siguientes capturas ilustran la estructura principal de la base de datos.





Detalles de la conexión				
	id	file	used	the_geom
1	1	C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LiDAR/Preprocesamiento/zamora_pnoa_lidar.laz	0	POLYGON

Tiles						
	id	tile_x	tile_y	tile	completed	the_geom
1	8	298750	4627850	tile_298750_4627850	0	POLYGON
2	9	298750	4627900	tile_298750_4627900	0	POLYGON
3	14	298800	4627850	tile_298800_4627850	0	POLYGON
4	15	298800	4627900	tile_298800_4627900	0	POLYGON
5	16	298800	4627950	tile_298800_4627950	0	POLYGON
6	21	298850	4627900	tile_298850_4627900	0	POLYGON
7	22	298850	4627950	tile_298850_4627950	0	POLYGON
8	27	298900	4627900	tile_298900_4627900	0	POLYGON
9	28	298900	4627950	tile_298900_4627950	0	POLYGON
10	29	298900	4628000	tile_298900_4628000	0	POLYGON
11	35	298950	4627950	tile_298950_4627950	0	POLYGON
12	36	298950	4628000	tile_298950_4628000	0	POLYGON
13	41	299000	4627950	tile_299000_4627950	0	POLYGON
14	42	299000	4628000	tile_299000_4628000	0	POLYGON

Administrador de BBDD

Base de datos Tabla

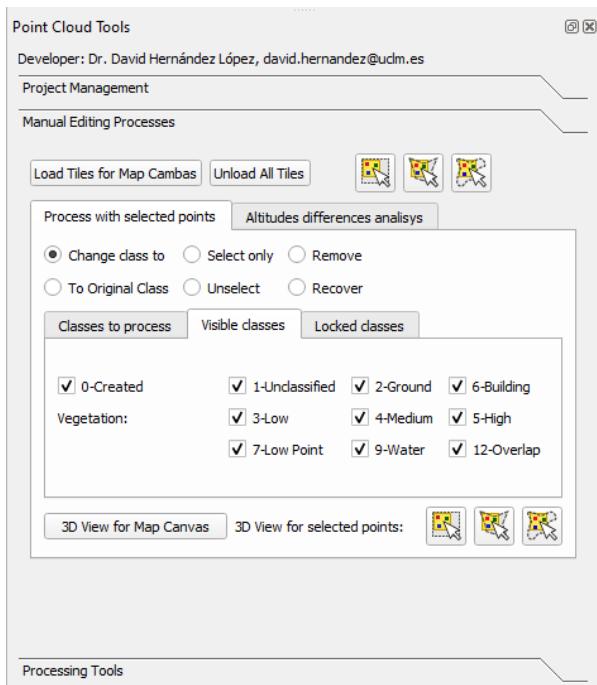
Importar capa/archivo... Exportar a archivo...

Proveedores

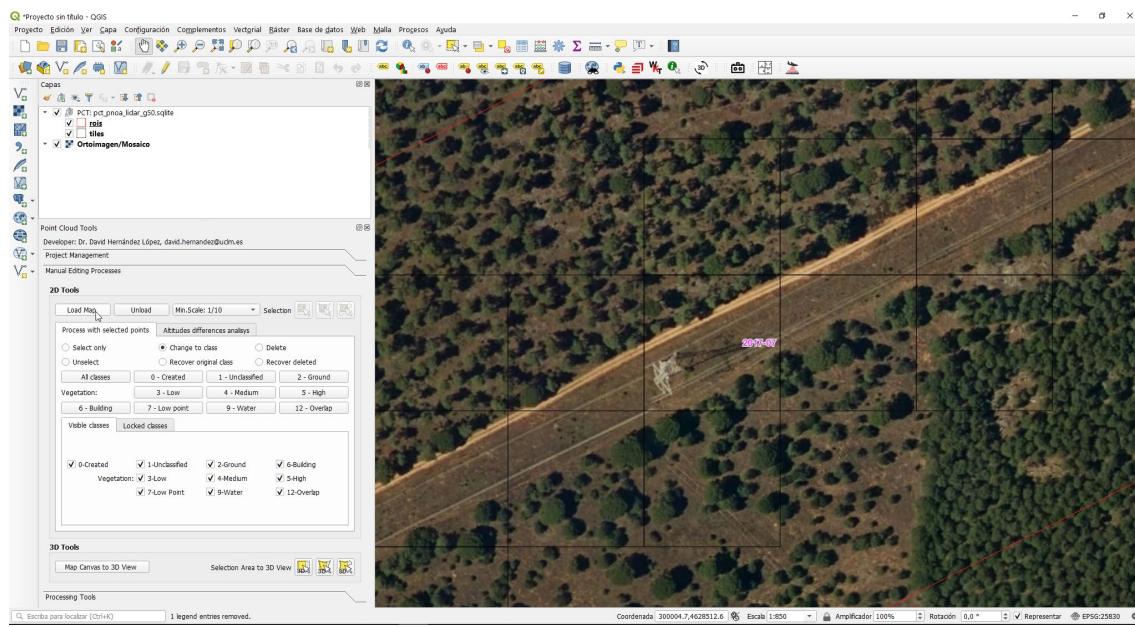
	id	file_id	file_pid	class_new
1	1	1	13590	2
2	2	1	13591	1
3	3	1	13592	2
4	4	1	13593	2
5	5	1	13594	1
6	6	1	13595	1
7	7	1	13596	2
8	8	1	13618	2
9	9	1	13619	2
10	10	1	13620	1
11	11	1	13621	1
12	12	1	13622	2
13	13	1	13623	2
14	14	1	13624	2

### 3.2.5. Visualización de los puntos

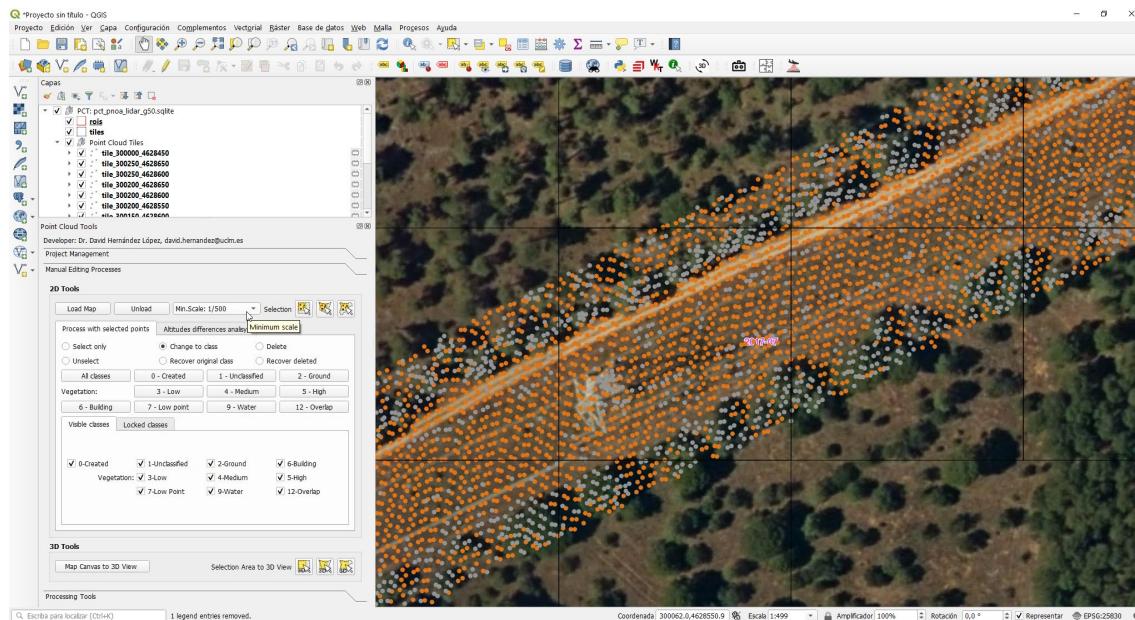
Para visualizar o editar los puntos de un proyecto abierto se debe seleccionar la pestaña *Manual Editing Processes*



Para cargar puntos en el visor de QGis, en el Map Canvas, se debe primero hacer un nivel de visualización (zoom) sobre la zona de interés para limitar la zona a cargar y así evitar ralentizar el proceso por la carga de información excesiva. Si no se dispone de una Ortoimagen en local se recomienda cargar la Ortoimagen de PNOA a través del servicio público WMTS. Elegido el zoom adecuado, basta con pulsar en el botón *Load Map*, iniciándose un proceso cuya duración dependerá del número de puntos a cargar. Adviértase que en este proceso se extraerán las coordenadas de los ficheros LAS/LAZ añadidos al proyecto, con los consecuentes procesos de apertura, lectura y cierre.



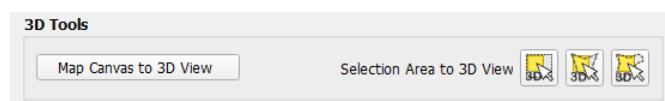
Se puede elegir la escala mínima de visualización, lo que permite, al elegirla correctamente, evitar operaciones de refresco en el movimiento por el Map Canvas que ralentizarían el proceso.



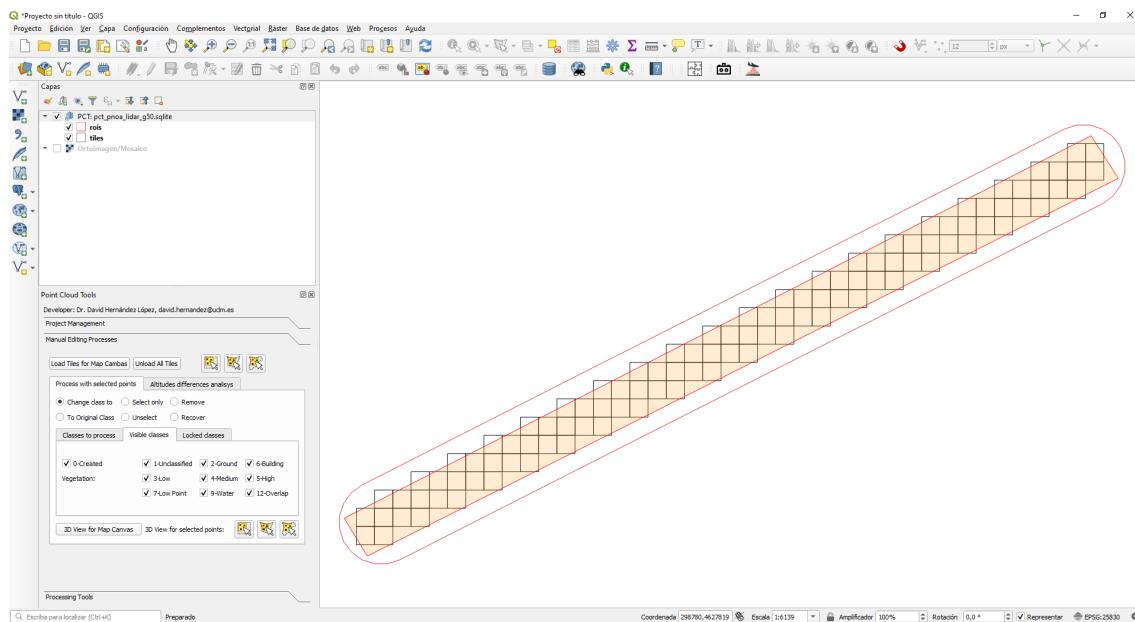
Para descargar todos los tiles de forma automática basta con pulsar en el botón *Unload All Tiles*. Los botones que están a la derecha de este último botón son herramientas de selección sobre múltiples capas y sólo funcionan para los tiles cargados.

Dado que para el objetivo principal de este manual no es necesaria la edición de la nube de puntos, la explicación de los procesos de selección, edición, etc, de puntos en QGIS se incluirá en un apéndice.

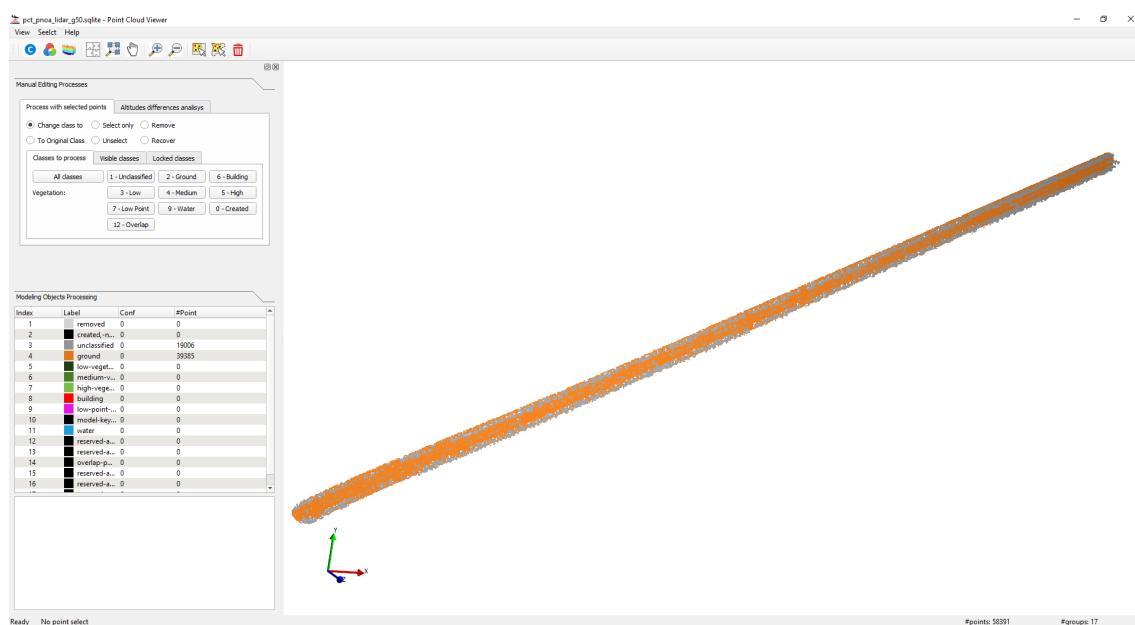
Para abrir el visor 3D de nubes de puntos se dispone de las herramientas de la parte inferior:



El botón *Map Canvas to 3D View* cargará todos los puntos incluidos en el área correspondiente al Map Canvas en el momento que se pulse. Los botones a la derecha permiten seleccionar sobre el Map Canvas el recinto que se desea visualizar por rectángulo, polígono o a mano alzada. Para la selección de recinto por polígono y por mano alzada se deben crear recintos válidos, sin cruces, etc, y se finaliza pulsando en el botón derecho del ratón. A modo de ejemplo, para la herramienta de selección de recinto por polígono:



Tras lanzar la herramienta comienza un proceso cuya duración dependerá del volumen de información a manejar. En este caso se puede visualizar rápidamente toda el área de interés gracias a que tanto su dimensión como la densidad de puntos son pequeñas.





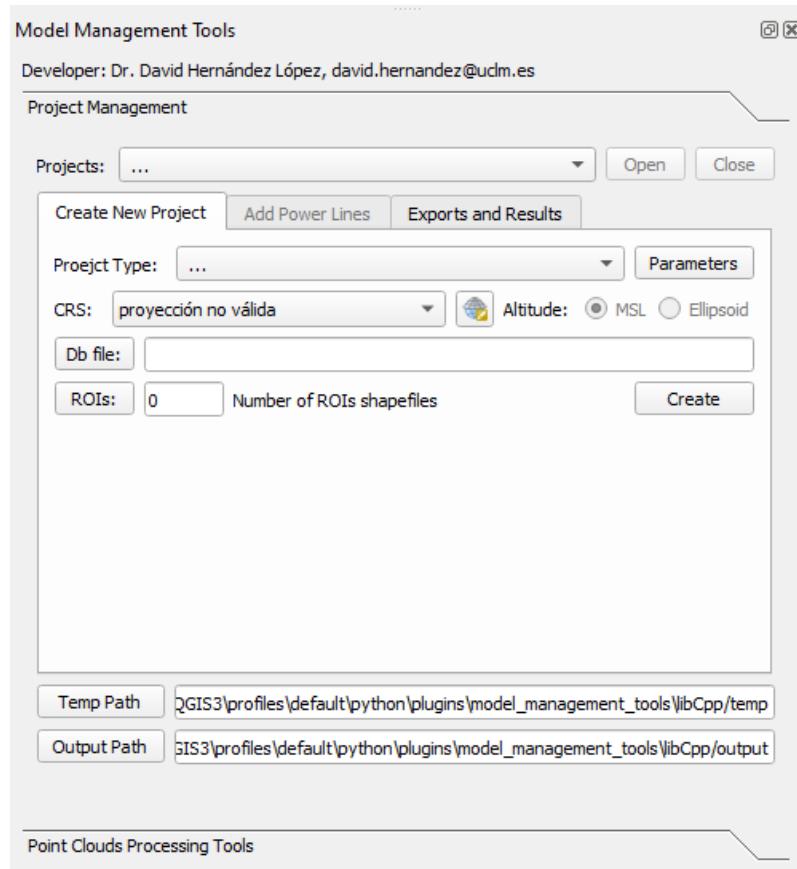
El visor 3D es una herramienta independiente de QGis, pero vinculada al proyecto abierto en QGis, de forma que incluye funciones de visualización (por color en función de la clase LIDAR ISPRS, por color RGB cuando exista, por alturas, o por modelización cuando exista), funciones de edición, etc, que serán descritas en un apéndice. Para devolver el control a QGis es necesario cerrar el visor 3D.

Llegados a este punto, el proyecto de nube de puntos ya está preparado para ser empleado en el proyecto de gestión de modelos, tal y como será descrito en el apartado siguiente.

### 3.3. Proyecto de gestión de modelos

El objetivo de este paso es obtener una base de datos de un proyecto de gestión de modelos correspondiente a una RED LATs para el que se obtendrán las áreas de riesgo.

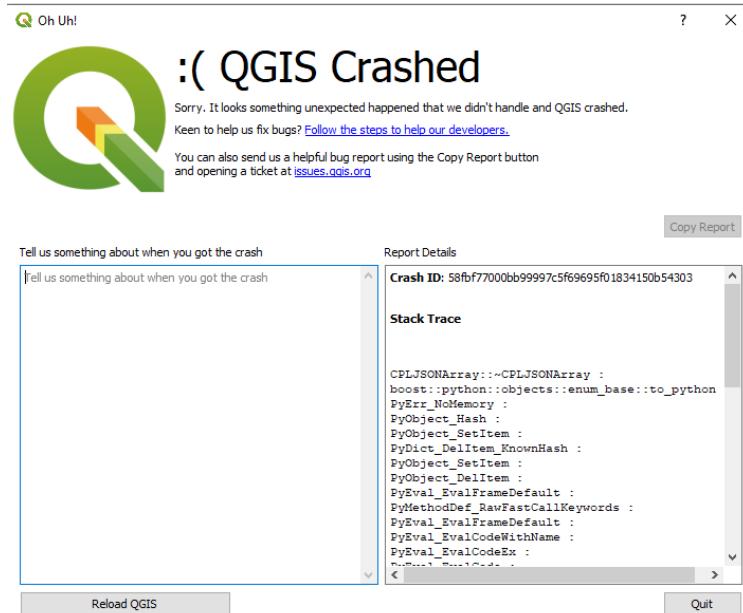
Este proceso se realizará con el complemento Model Management Tools, accesible con el botón . Conviene cerrar QGis, volver a abrirlo y pulsar en el ícono del complemento a continuación, desplegándose el componente gráfico principal del proyecto en la parte inferior izquierda.



El componente gráfico principal consta de dos apartados distribuidos en vertical:

- *Project Management*, donde se creará el proyecto y se añadirá la definición de la RED LATs.
- *Point Clouds Processing Tools*, que permite la gestión de proyectos de nubes de puntos incluidos en el proyecto de modelización, así como lanzar los procesos que hacen uso de nubes de puntos.
- *Processing Tools*, dedicado a lanzar procesos útiles para diferentes fines.

Si al cerrar QGis después de haber abierto este complemento se desplegará un diálogo que informa de un error, se debe a algún problema con algunas versiones de QGis, pero que no tiene importancia dado que no afecta a los datos guardados ni a posteriores ejecuciones de QGis.



### 3.3.1.Creación del proyecto de gestión de modelos

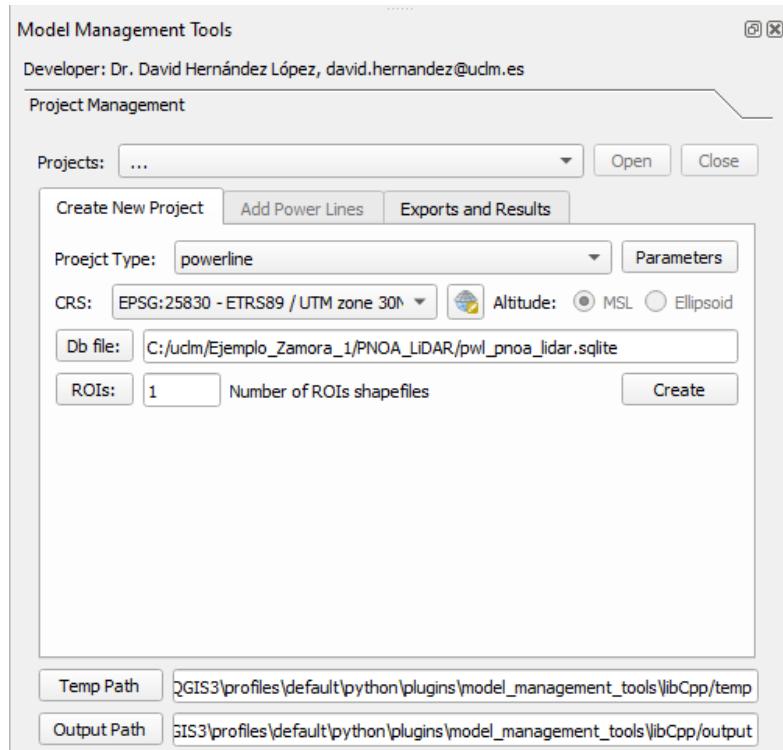
Para crear un proyecto de este complemento se sigue un procedimiento similar al caso del complemento de nubes de puntos: se elige el tipo de proyecto (*powerline*), los parámetros (autor y empresa), el CRS (25830 y altitudes ortométricas), fichero de la base de datos Spatialite, eligiendo:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\PNOA\_LiDAR\pw1\_pnoa\_lidar.sqlite

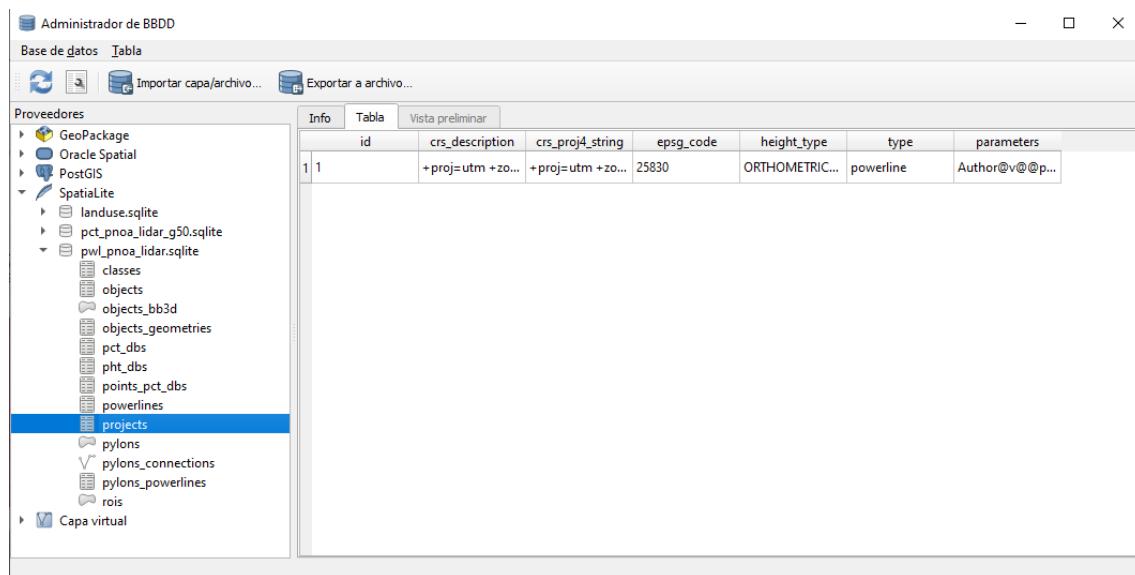
fichero Shapefile con la definición del área de interés, eligiendo el mismo del proyecto de nube de puntos:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\Definicion\_LAT\ROI.shp

y las rutas temporales y de salida, que ahora por defecto se establecen a carpetas dentro de este complemento.



Tras introducir la información y pulsar en el botón *Create* se construye el proyecto, pudiéndose consultar la base de datos con la herramienta de QGis. La estructura irá creciendo en función de los procesos que se realicen.



### 3.3.2. Definición de la RED LATs

Tras crear el proyecto, el programa ha creado automáticamente una conexión a la base de datos Spatialite. Para abrir el proyecto basta con elegir la conexión en la lista *Projects* y, a continuación, pulsar en el botón *Open*, que se habilita cuando en la lista de selección hay un proyecto seleccionado y todavía no se ha abierto.

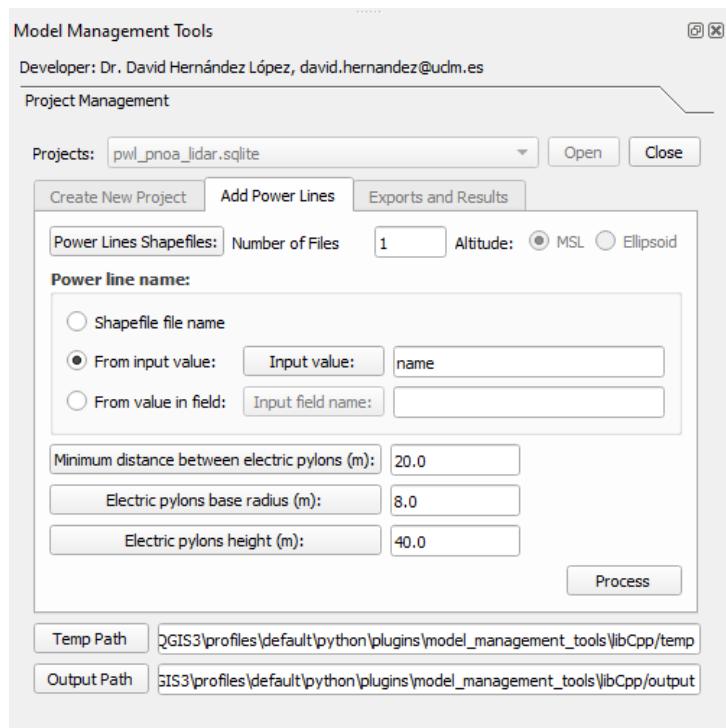


Una vez abierto el proyecto, se deshabilita el botón *Open* y se habilita el botón *Close*. La apertura y cierre de diferentes proyectos en la misma ejecución de QGis no está lo suficientemente testeada por lo que se puede provocar algún error que se resolvería sin más que cerrar y volver a abrir QGis.

Tras abrir el proyecto se añade un grupo de capas a QGis incluyendo la ROI y dos capas que todavía carecen de información: la de postes (*pylons*) y la de conexiones entre postes (*pylons connections*). También se habilita la pestaña *Add Power Lines*, que permite añadir la definición de la RED LATs a partir del fichero shapefile de tipo LINESTRING que se explicó anteriormente, fichero:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\Definicion\_LAT\RED\_LATs.shp

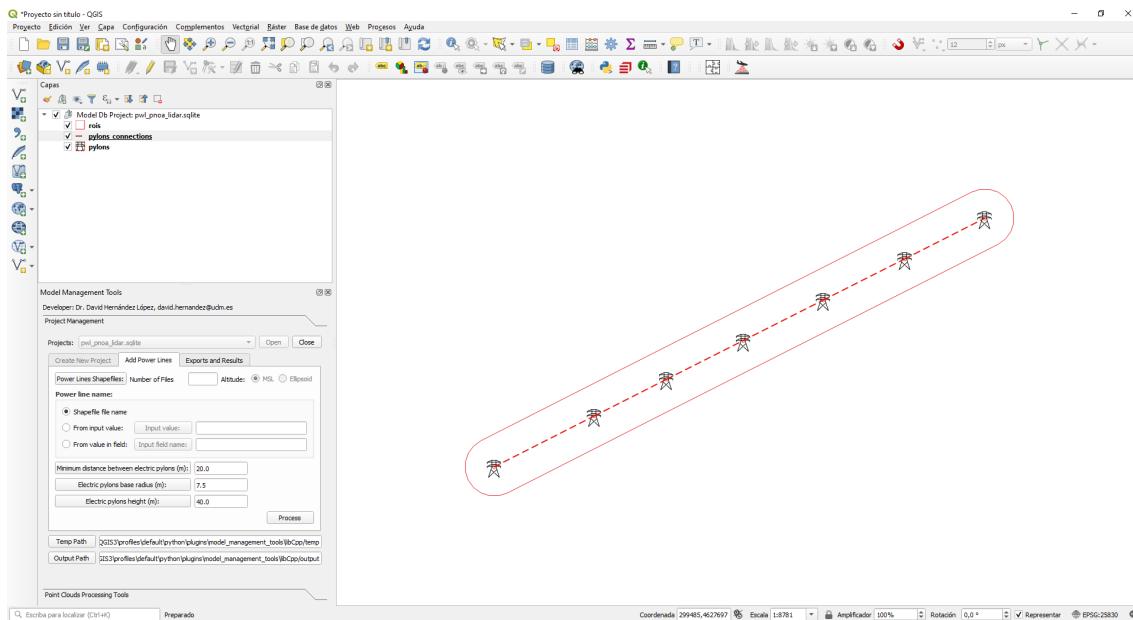
En la siguiente captura se muestran los valores a introducir para este ejemplo.



La definición espacial 3D de cada poste será un cilindro con base circular con centro en el vértice introducido por el usuario en el shapefile de cadenas de líneas y cuyo radio será el valor elegido, 8.0 m en este ejemplo, y la altura introducida, 40 m en este ejemplo. Se advertirá de postes que se encuentren a una distancia a otro inferior al umbral establecido, 20 m en este ejemplo. Para cada línea se pueden utilizar tres opciones para definir su denominación, habiéndose elegido el valor del campo *name* en este ejemplo.

Para lanzar la ejecución basta con pulsar en el botón *Process*, y después de cerrar el diálogo de información de éxito y mover ligeramente ratón sobre el *Map Canvas*, se actualizarán las capas con el resultado de la definición.

Este proceso se debe realizar una única vez, de manera que habría que partir del shapefile con la definición completa de la RED LATs a procesar.



Nota.- Si el símbolo del poste no se corresponde con la imagen anterior se debe a que la ruta de la imagen no es correcta. Está pendiente la solución a este problema, debido a que la ruta de complementos en QGis por defecto depende del usuario de Windows. Si se quiere resolver manualmente basta con editar el fichero:

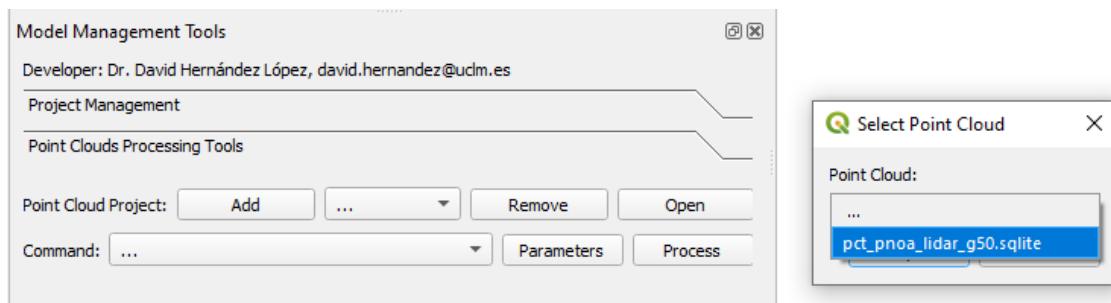
C:\Users\PCRPAS03\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\model\_management\_tools\templates\ElectricPylons.qml

y en la línea 46 reemplazar la ruta para la imagen electrical-tower.svg por la correcta.

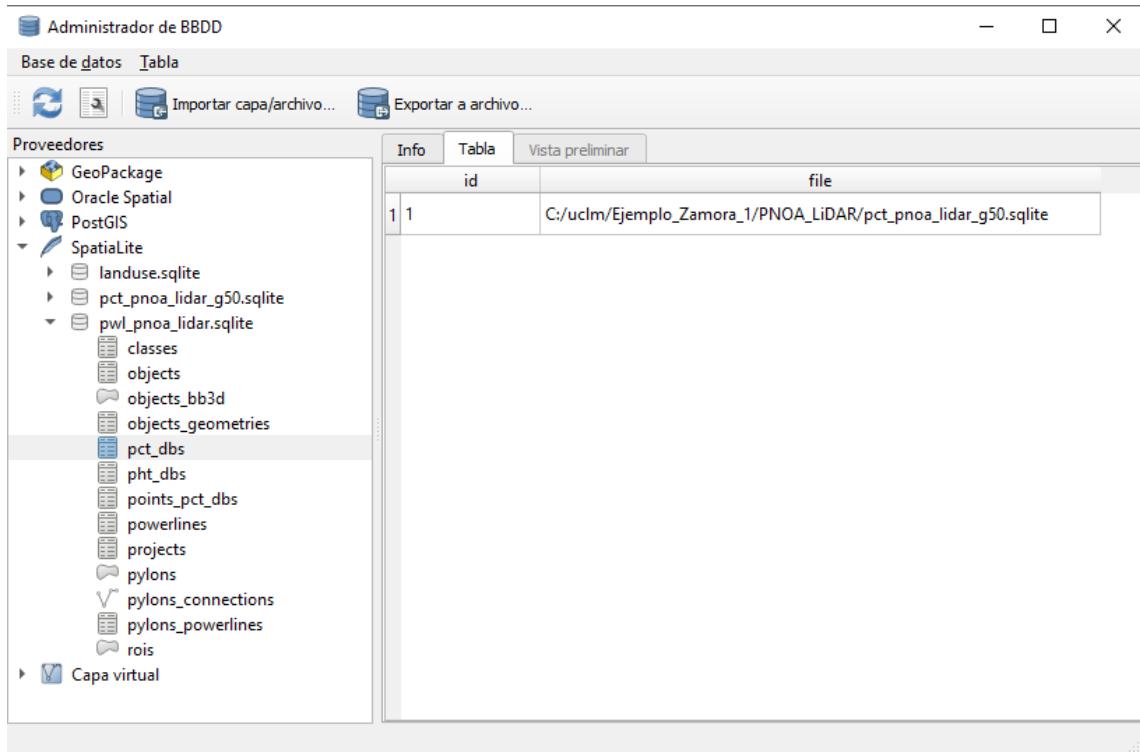
### 3.3.3. Añadir un proyecto de nube de puntos

Los procesos que se deben realizar hasta finalizar detectando las áreas de riesgo precisan de contar con una nube de puntos, lo que se consigue a través de añadir un proyecto del complemento de nubes de puntos.

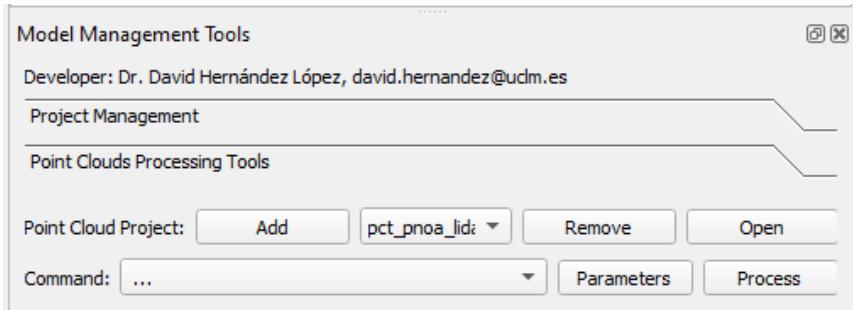
En primer lugar, se debe seleccionar la pestaña *Point Cloud Processing Tools*, y, a continuación, se debe pulsar en el botón *Add*, desplegándose un diálogo donde se selecciona el proyecto creado anteriormente, quedando añadido una vez que se pulsa en el botón aceptar de este diálogo.



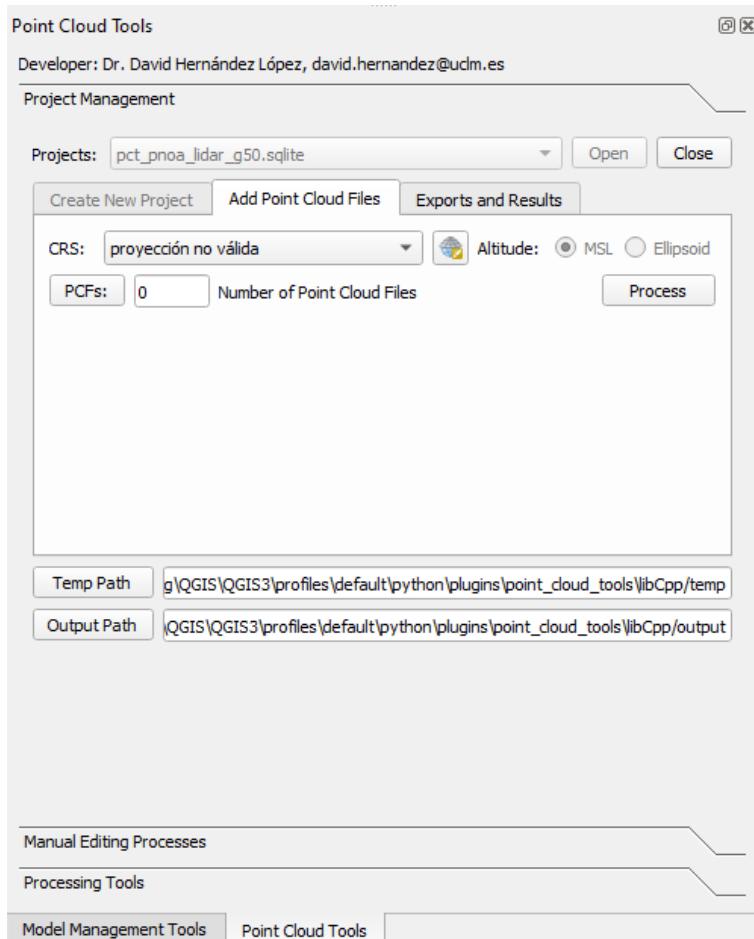
El resultado persiste en la base de datos, de forma que este paso no hay que repetirlo para el mismo proyecto, salvo que se eliminara, para lo que bastaría con pulsar en el botón *Remove* teniendo elegido el proyecto en la lista de selección.



Desde este complemento se puede lanzar el complemento *Point Cloud Tools* para un proyecto seleccionado sin más que elegirlo en la lista de selección y pulsar en el botón Open.



Ahora se dispondría de dos pestañas distribuidas en horizontal



De momento no utilizaremos esta opción porque no se han completado los pasos necesarios para que sea conveniente mostrar los resultados en la ventana 3D.

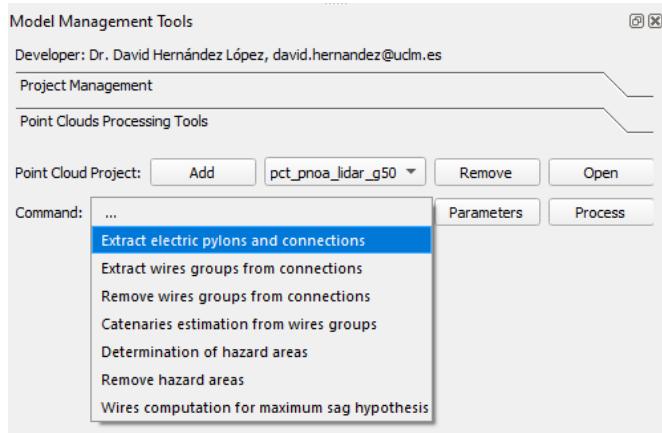
Al pulsar en el botón *Open* se activa la pestaña del complemento *Point Cloud Tools* y para continuar con el proceso en el complemento *Model Management Tools* se debe pulsar en el título de su pestaña.

### 3.3.4.Extracción de puntos de postes y conexiones entre postes

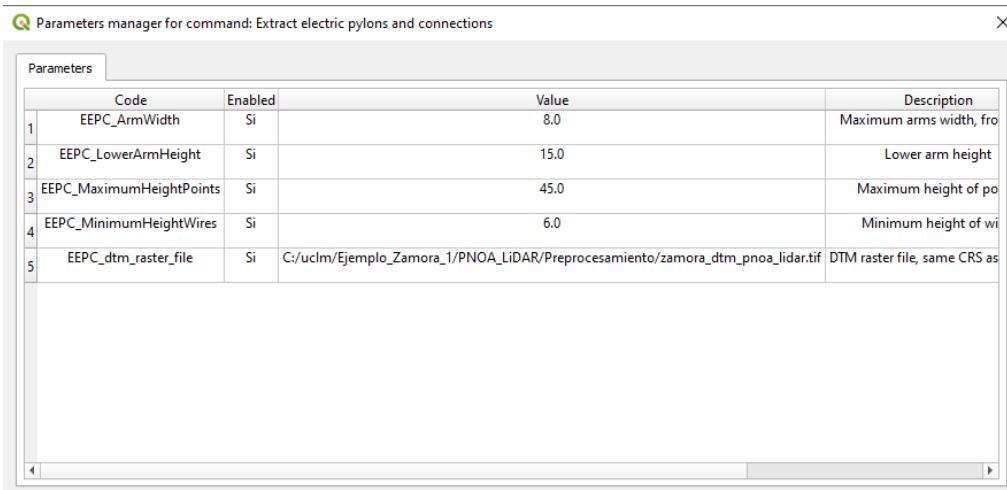
En este paso se asignan los puntos de un proyecto de nube de puntos a los postes y conexiones entre postes. Una conexión entre postes es un recinto cilíndrico tridimensional que conecta dos postes y en el que deberían estar incluidos todos los grupos de cables.

Nota.- A partir de este momento se van a realizar una serie de procesos para los que hay que elegir parámetros y puede ser interesante probar con diferentes valores. Aunque los resultados de algunos procesos se pueden revertir o eliminar con el propio complemento, puede ser buena práctica hacer una copia de seguridad del fichero de la base de datos para machacar el resultante de un proceso. Esto es posible gracias a que el nivel de procesamiento, el estado en que se encuentra el flujo de procesamiento, persiste únicamente en la propia base de datos.

Estando abierto el proyecto del complemento *Model Management Tools*, activa la pestaña de *Point Cloud Processing Tools*, elegido el proyecto de nube de puntos, se debe seleccionar en la lista de comandos el correspondiente a este paso: 1. *Extract Electric Pylons and Connections*



A continuación, se deben elegir los parámetros de procesamiento, pulsando en el botón *Parameters*:



Junto a cada parámetro figura su descripción. Con los valores introducidos se han conseguido resultados correctos en el ejemplo procesado, tanto para el caso PNOA LIDAR como RPAS LIDAR, eligiendo correctamente el DTM en cada caso, escogiendo para este caso, PNOA LIDAR, el creado desde el complemento *Point Cloud Tools* a partir de la propia nube de puntos LIDAR.

Tras pulsar en el botón *Process* se inicia el cálculo que finaliza rápidamente en este ejemplo debido a la escasa densidad de puntos.

La base de datos se ha actualizado con los resultados del procesamiento. A modo de ejemplo, se habrá generado información con los objetos detectados:

Administrador de BBDD

Base de datos Tabla

Importar capa/archivo... Exportar a archivo...

Proveedores

- GeoPackage
- Oracle Spatial
- PostGIS
- SpatialLite
  - landuse.sqlite
  - pct\_pnoa\_lidar\_g50.sqlite
  - pwl\_pnoa\_lidar.sqlite
    - classes
    - objects
    - objects\_bb3d
    - objects\_geometries
    - pct\_dbs
    - pht\_dbs
    - points\_pct\_dbs
    - powerlines
    - projects
    - pylons
    - pylons\_connections
    - pylons\_powerlines
    - rois
- Capa virtual

	id	table_name	description	name_prefix	name_suffix	name_first_number	name_number_increm
1	1	pylons	Electric pylon	EP_		1	1
2	2	pylons_connect...	Electric pylons ...	EPC_		1	1

Administrador de BBDD

Base de datos Tabla

Importar capa/archivo... Exportar a archivo...

Proveedores

- GeoPackage
- Oracle Spatial
- PostGIS
- SpatialLite
  - landuse.sqlite
  - pct\_pnoa\_lidar\_g50.sqlite
  - pwl\_pnoa\_lidar.sqlite
    - classes
    - objects
    - objects\_bb3d
    - objects\_geometries
    - pct\_dbs
    - pht\_dbs
    - points\_pct\_dbs
    - powerlines
    - projects
    - pylons
    - pylons\_connections
    - pylons\_powerlines
    - rois
- Capa virtual

	id	class_id	object_id
1	1	1	1
2	2	1	2
3	3	1	3
4	4	1	4
5	5	1	5
6	6	1	6
7	7	1	7
8	8	2	1
9	9	2	2
10	10	2	3
11	11	2	4
12	12	2	5
13	13	2	6

Administrador de BBDD

Base de datos Tabla

Importar capa/archivo... Exportar a archivo...

Proveedores

	Info	Tabla	Vista preliminar				
	id	object_id	x_min	y_min	z_min	x_max	y_max
1	1	1	299486.8576	4628247.3274	773.47	299502.8576	4628263.3274
2	2	2	299787.6245	4628399.3275	766.89	299803.6245	4628415.3275
3	3	3	300101.8422	4628558.247	760.08	300117.8422	4628574.247
4	4	4	300421.7182	4628719.9796	753.39	300437.7182	4628735.9796
5	5	5	300735.8065	4628879.6104	749.03	300751.8065	4628895.6104
6	6	6	298809.6199	4627903.2237	765.22	298825.6199	4627919.2237
7	7	7	299203.0595	4628103.1494	770.56	299219.0595	4628119.1494
8	8	8	299486.8576	4628247.3274	781.13	299803.6245	4628415.3275
9	9	9	299787.6245	4628399.3275	773.98	300117.8422	4628574.247
10	10	10	300101.8422	4628558.247	766.54	300437.7182	4628735.9796
11	11	11	300421.7182	4628719.9796	762.76	300751.8065	4628895.6104
12	12	12	298809.6199	4627903.2237	773.89	299219.0595	4628119.1494
13	13	13	299203.0595	4628103.1494	785.25	299502.8576	4628263.3274

También persiste la asignación de puntos a cada objeto.

Administrador de BBDD

Base de datos Tabla

Importar capa/archivo... Exportar a archivo...

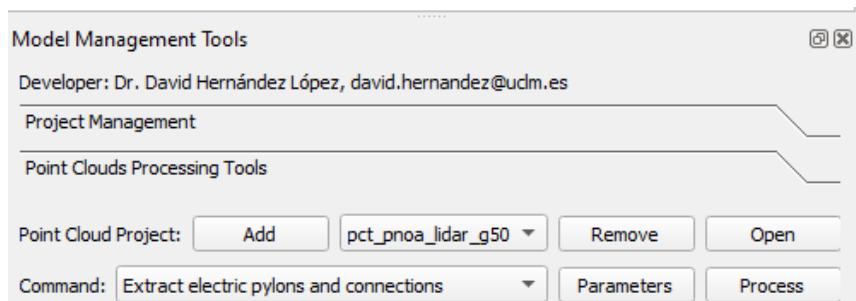
Proveedores

- GeoPackage
- Oracle Spatial
- PostGIS
- Spatialite
  - landuse.sqlite
  - pct\_pnoa\_lidar\_g50.sqlite
  - pwl\_pnoa\_lidar.sqlite
    - classes
    - objects
    - objects\_bb3d
    - objects\_geometries
    - pct\_dbs
    - pht\_dbs
    - points\_pct\_dbs
    - powerlines
    - projects
    - pylons
    - pylons\_connections
    - pylons\_powerlines
    - rois
- Capa virtual

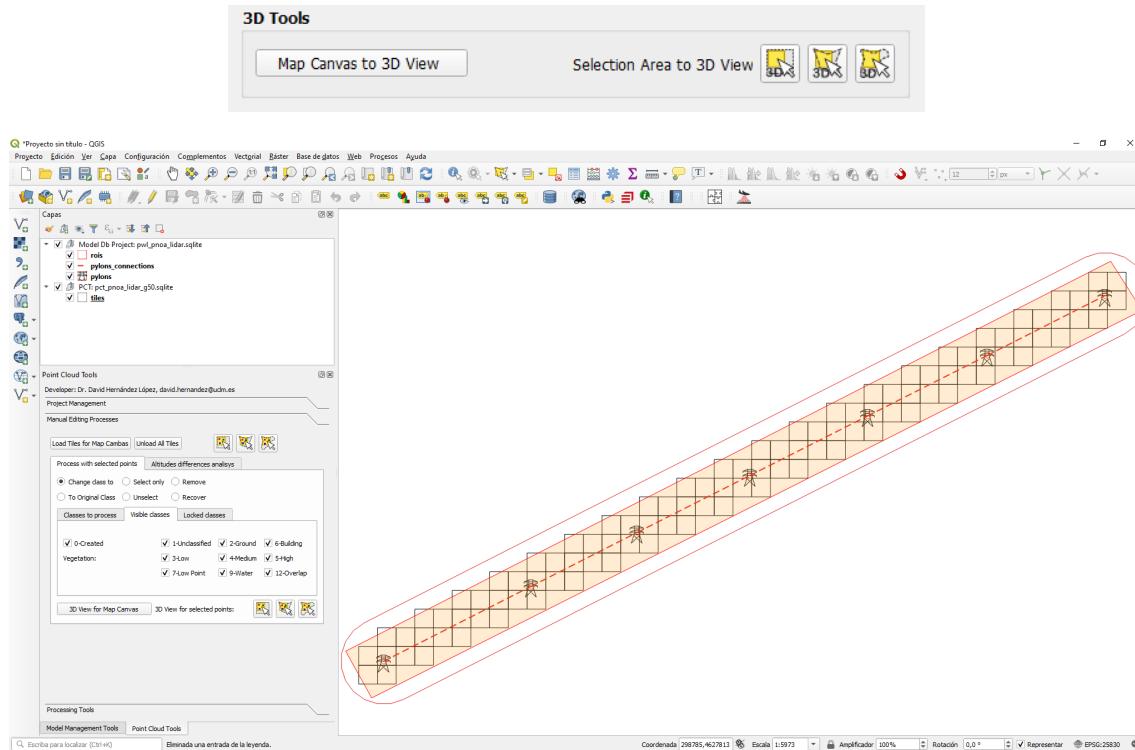
Info Tabla Vista preliminar

	id	pct_id	object_id	tile_id	point_id
	1	1	1	100	47
	2	2	1	100	72
	3	3	1	100	123
	4	4	1	101	2
	5	5	1	101	5
	6	6	1	101	6
	7	7	1	101	10
	8	8	1	101	11
	9	9	1	101	28
	10	10	1	101	30
	11	11	1	101	36
	12	12	1	101	39
	13	13	1	101	63

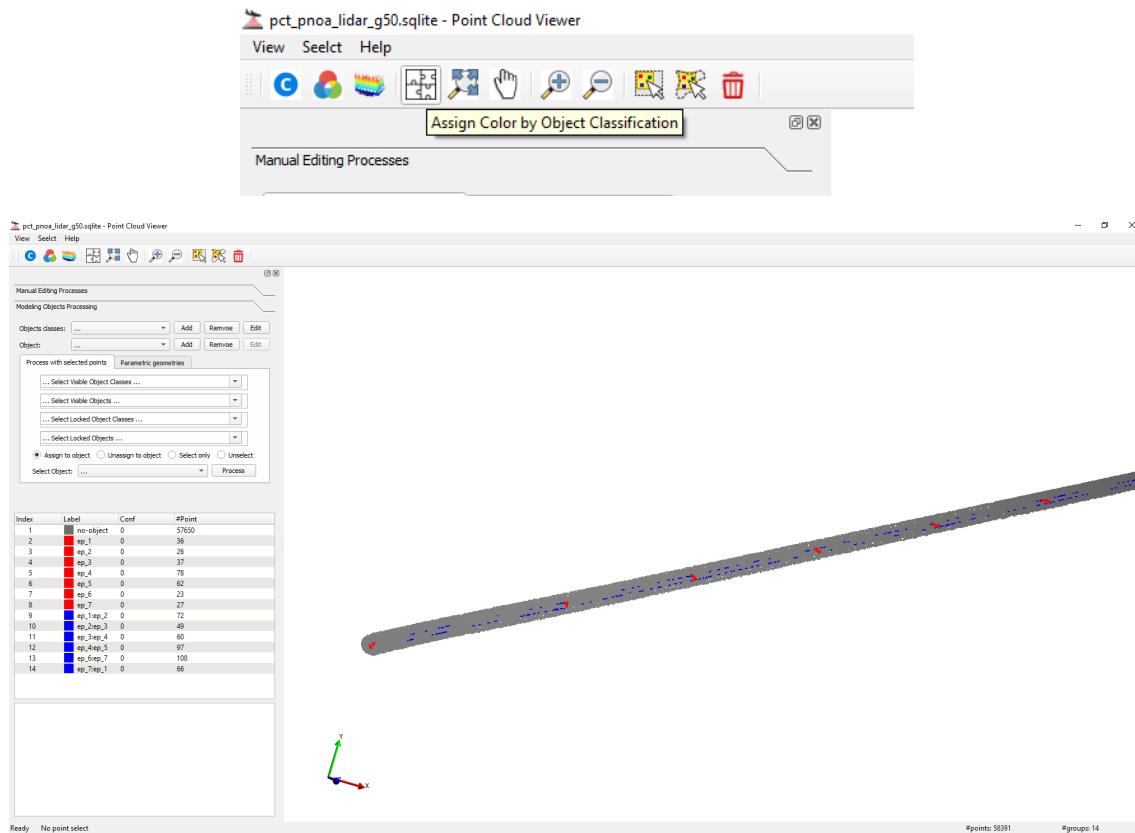
Si ahora se despliega el visor 3D sobre una región seleccionada, se podrán visualizar los puntos asignados a cada objeto. Para esto se debe pulsar en el botón *Open* del proyecto de nube de puntos, si no se ha hecho previamente,



A continuación, en la pestaña del plugin *Point Cloud Tools* se debe seleccionar la pestaña *Manual Editing Process*, y elegir la herramienta de selección por polígono y dibujar la región en el *Map Canvas* de QGis:



En el visor 3D se conmuta la visualización a clasificación por objetos, pulsando en el ícono igual del complemento de gestión de modelos de QGis, :



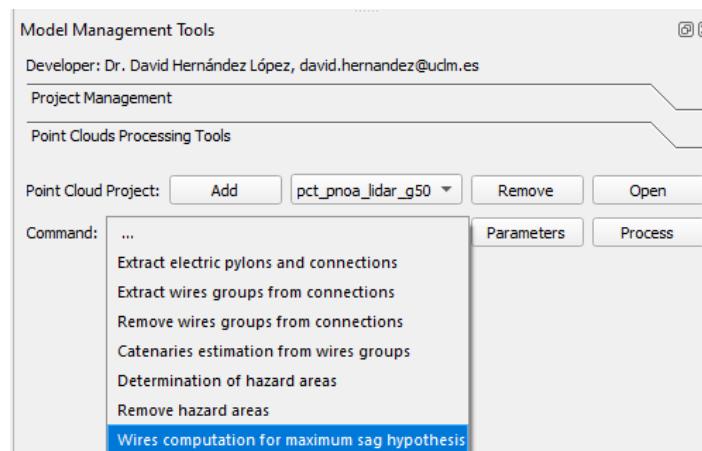
Se observan tres tipos de clases de objetos: puntos de postes, en rojo, puntos de conexión entre postes, en azul, y puntos no asignados a objetos, en gris. Con la interfaz se puede seleccionar las clases u objetos que se desea visualizar. También se puede cambiar la simbología de color de las clases seleccionándola en la lista *Object Classes* y pulsando en el botón *Edit*.

En el caso de PNOA LIDAR la escasa densidad de puntos provoca que haya muy pocos puntos asignados a cada objeto, lo que no impide que los procesos realizados a continuación permitan obtener la estimación de las áreas de riesgo.

### 3.3.5.Cálculo de cables aplicando hipótesis de máxima flecha

En el caso de vuelo PNOA LIDAR no se puede estimar la geometría de los grupos de cables a partir de puntos debido a que no hay suficientes puntos para algunos grupos de cables. En este paso se estimarán los cables aplicando la hipótesis de máxima flecha, para lo que es necesario que se haya completado en paso anterior.

Estando abierto el proyecto del complemento *Model Management Tools*, activa la pestaña de *Point Cloud Processing Tools*, elegido el proyecto de nube de puntos, se debe seleccionar en la lista de comandos el correspondiente a este paso: *Wires computation for maximum sag hypothesis*.



A continuación, se deben elegir los parámetros de procesamiento, pulsando en el botón *Parameters*:

Parameters			
Code	Enabled	Value	Description
WCMSH_DistanceBetweenPointsInCatenary	Si	0.5	Distance between points in catenary.
WCMSH_MaximumStdThresholdCatenaryFromPoints	Si	0.40	Maximum standard deviation value in the catenary from points to be used as a wire geometry model
WCMSH_MaximumVerticalDistanceBetweenWires	Si	18.0	Maximum vertical distance between wires, for wires without geometry from points.
WCMSH_MinimumSafetyGroundDistance	Si	6.0	Minimum value for safety ground distance.
WCMSH_MultiProcess	Si	true	Use multi process
WCMSH_PowerlineVoltage	Si	400	Powerline voltage (kV)
WCMSH_ProcessOnlyEnabledConnections	Si	true	Process only enabled connections
WCMSH_ProcessOnlyEnabledWiresGroups	Si	true	Process only enabled wires groups
WCMSH_WireBreakingCoefficient	Si	3.0	Wire breaking coefficient
WCMSH_WireBreakingTension	Si	8456.0	Wire breaking tension (daN)
WCMSH_WireCoefficientLinearThermalExpansion	Si	0.000018900	Wire coefficient of linear thermal expansion (°C-1)
WCMSH_WireDiameter	Si	21.8	Wire diameter (mm)
WCMSH_WireElasticModulus	Si	7553.0	Wire elastic modulus (daN/mm²)
WCMSH_WireMaximumDistanceFromAxis	Si	8.0	Wire maximum distance from axis, for wires without geometry from points.
WCMSH_WireSection	Si	281.1	Wire section (mm²)
WCMSH_WireWeight	Si	0.977	Wire weight (daN/m)
WCMSH_dtm_raster_file	Si	C:/udm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_dtm_pnoa_lidar.tif	DTM raster file, same CRS as project.

Junto a cada parámetro figura su descripción. Con los valores introducidos se han conseguido resultados correctos en el ejemplo procesado, tanto para el caso PNOA LIDAR como RPAS LIDAR, eligiendo correctamente el DTM en cada caso, siendo en este caso, PNOA LIDAR, el creado anteriormente a partir de la propia nube de puntos LIDAR.

Tras pulsar en el botón *Process* se inicia el cálculo que finaliza rápidamente en este ejemplo, apenas unos segundos incluso sin activar la opción de multi proceso, debido a la escasa densidad de puntos.

La base de datos se ha actualizado con los resultados del procesamiento.

The screenshot shows two windows of the QGIS Database Manager. Both windows have a toolbar with 'Importar capa/archivo...' and 'Exportar a archivo...'. The left pane lists 'Proveedores' (Providers) including GeoPackage, Oracle Spatial, PostGIS, and Spatialite. Under Spatialite, there are several databases: landuse.sqlite, pct\_pnoa\_lidar\_g50.sqlite, and pwl\_pnoa\_lidar.sqlite. The right pane displays two tables:

Vista preliminar						
	id	name	/lons_connection_	enabled	the_geom	catenary_msh
1	1	EP_1:EP_2WG_II	1	1	LINESTRING	299491.2492@p...
2	2	EP_1:EP_2WG_rl	1	1	LINESTRING	299498.4660@p...
3	3	EP_1:EP_2WG_ju	1	1	LINESTRING	299491.2492@p...
4	4	EP_1:EP_2WG_ru	1	1	LINESTRING	299498.4660@p...
5	5	EP_2:EP_3WG_II	2	1	LINESTRING	299792.0139@p...
6	6	EP_2:EP_3WG_rl	2	1	LINESTRING	299799.2351@p...
7	7	EP_2:EP_3WG_ju	2	1	LINESTRING	299792.0139@p...
8	8	EP_2:EP_3WG_ru	2	1	LINESTRING	299799.2351@p...
9	9	EP_3:EP_4WG_II	3	1	LINESTRING	300106.2325@p...
10	10	EP_3:EP_4WG_rl	3	1	LINESTRING	300113.4519@p...
11	11	EP_3:EP_4WG_ju	3	1	LINESTRING	300106.2325@p...
12	12	EP_3:EP_4WG_ru	3	1	LINESTRING	300113.4519@p...
13	13	EP_4:EP_5WG_II	4	1	LINESTRING	300426.0936@p...

Vista preliminar				
	id	object_id	geometry	enabled
1	1	14	MSH@p@catenary@p@299491.2492@p@...	1
2	2	15	MSH@p@catenary@p@299498.4660@p@...	1
3	3	16	MSH@p@catenary@p@299491.2492@p@...	1
4	4	17	MSH@p@catenary@p@299498.4660@p@...	1
5	5	18	MSH@p@catenary@p@299792.0139@p@...	1
6	6	19	MSH@p@catenary@p@299799.2351@p@...	1
7	7	20	MSH@p@catenary@p@299792.0139@p@...	1
8	8	21	MSH@p@catenary@p@299799.2351@p@...	1
9	9	22	MSH@p@catenary@p@300106.2325@p@...	1
10	10	23	MSH@p@catenary@p@300113.4519@p@...	1
11	11	24	MSH@p@catenary@p@300106.2325@p@...	1
12	12	25	MSH@p@catenary@p@300113.4519@p@...	1
13	13	26	MSH@p@catenary@p@300426.0936@p@...	1

Como resultado se obtienen cuatro cables para cada conexión entre cables, concretándose en la geometría de su catenaria.

Para cada conexión entre cables se genera un fichero de informe de resultados en la ruta de salida elegida en el complemento:

Screenshot of a Windows File Explorer window showing the contents of the 'output' folder in the 'model\_management\_tools' plugin directory. The folder contains several text files related to wire calculations.

Nombre	Fecha de modificación	Tamaño	Tipo
WiresMaximumSagHypothesis_EP_6_EP_7.txt	09/10/2019 16:51	2 KB	Documento de te...
WiresMaximumSagHypothesis_EP_7_EP_1.txt	09/10/2019 16:51	2 KB	Documento de te...
WiresMaximumSagHypothesis_EP_2_EP_3.txt	09/10/2019 16:51	2 KB	Documento de te...
WiresMaximumSagHypothesis_EP_3_EP_4.txt	09/10/2019 16:51	2 KB	Documento de te...
WiresMaximumSagHypothesis_EP_4_EP_5.txt	09/10/2019 16:51	2 KB	Documento de te...
WiresMaximumSagHypothesis_EP_1_EP_2.txt	09/10/2019 16:51	2 KB	Documento de te...

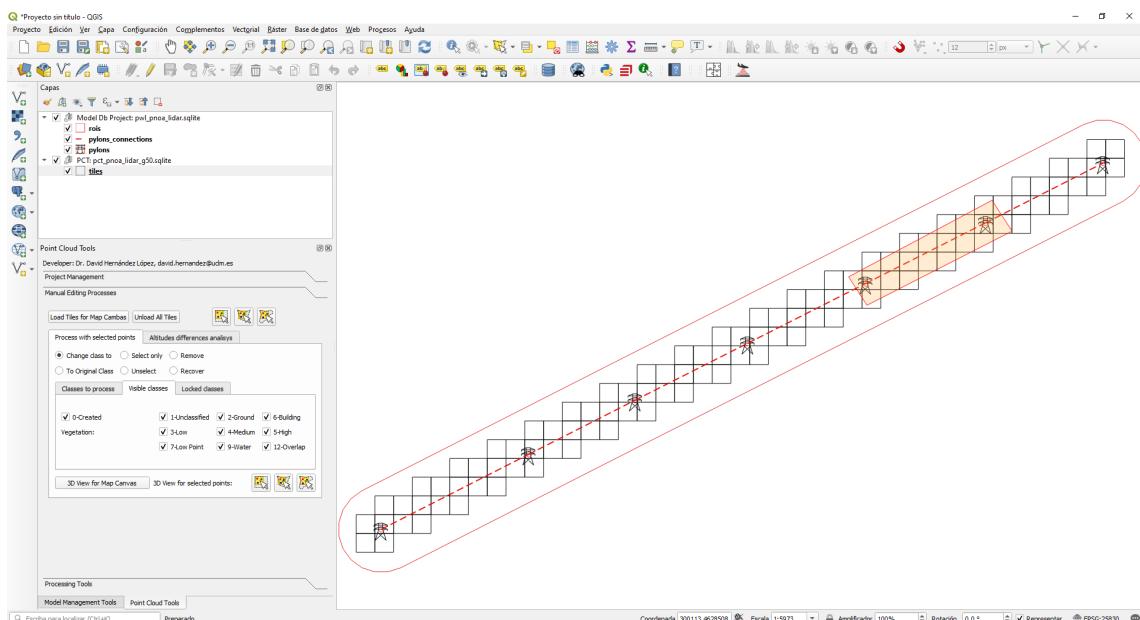
Below the file explorer is a screenshot of Notepad++ showing the content of the 'WiresMaximumSagHypothesis\_EP\_1\_EP\_2.txt' file. The file lists various parameters for wire computation:

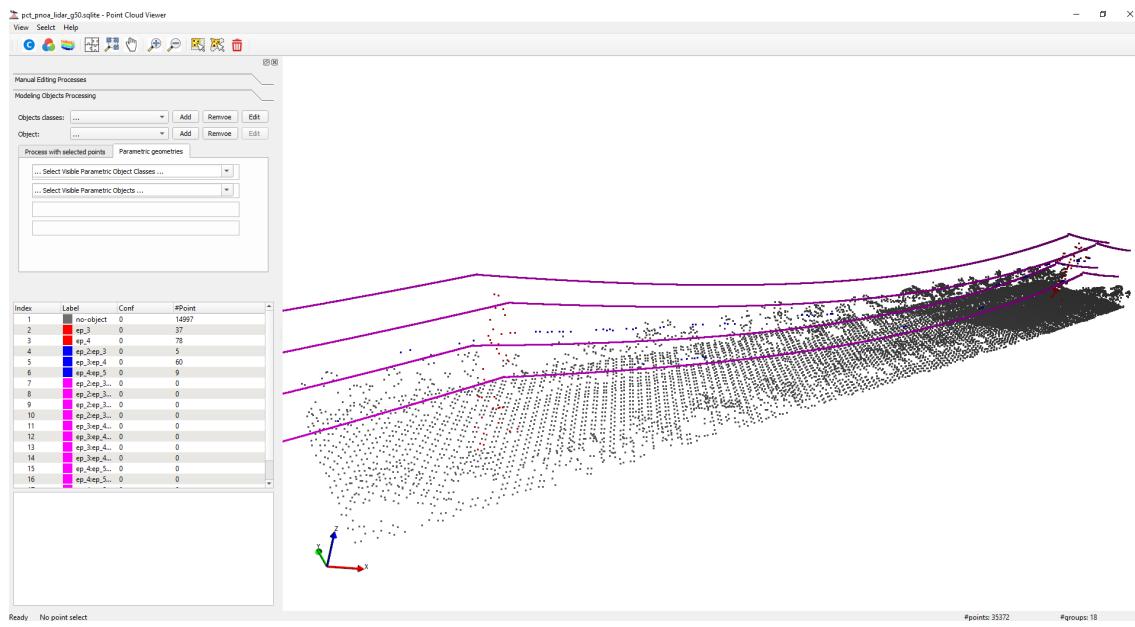
```

1 Wires computation for maximum sag hypothesis
2 - Project file .....: C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LiDAR/pwl_pnoa_lidar.sqlite
3 - Electric pylons connection .....: EP_1_EP_2
4 - Number of wire groups to compute .....: 4
5 - Processing parameters:
6   - Process only enabled connections .....: True
7   - Process only enabled wires groups .....: True
8   - Powerline voltage (kv) .....: 400.0
9   - Wire section (mm2) .....: 281.1
10  - Wire elastic modulus (daN/mm2) .....: 7553.0
11  - Wire coef linear thermal expansion (mmC-1) .....: 0.000018900
12  - Wire weight (daN/m) .....: 0.977
13  - Wire diameter (mm) .....: 21.8
14  - Wire breaking coefficient (daN) .....: 8456.0
15  - Wire maximum distance from axis (m) .....: 8.0
16  - Maximum vertical distance between wires (m) ...: 18.0
17  - Minimum safety ground distance (m) .....: 6.0
18  - Safety ground distance (m) .....: 8.1
19  - Digital terrain model file name .....: C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LiDAR/Preprocesamiento/zamor
20 - Region of interest .....: POLYGON((299491.2492 4628262.4674,299792.0161 4628414.4675
21 - Minimum elevation from dtm .....: 766.757
22 - Maximum elevation from dtm .....: 773.519
23 - Catenary arc length .....: 338.114
24 - Catenary maximum sag .....: 11.579
25 - Catenary maximum sag arc length .....: 168.400
26 - Pylons minimum height .....: 20.436

```

Se pueden visualizar en el visor 3D, siguiendo un procedimiento similar al descrito para visualizar los postes y conexiones.





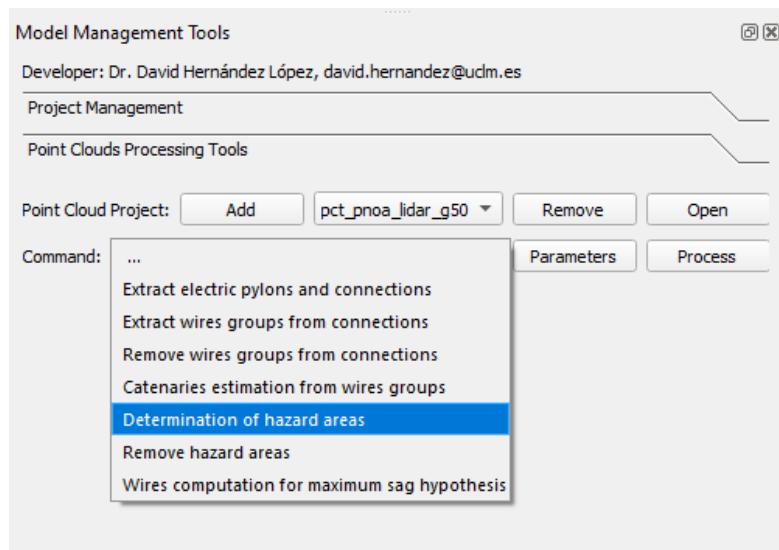
La gestión de la visualización de las geometrías paramétricas de objetos se realiza en la pestaña *Parametric Geometries* de la pestaña *Modeling Objects Processing*.

Esta geometría paramétrica será la empleada para determinar las áreas de riesgo en función de las distancias a los puntos de la nube que no pertenecen a ningún objeto, y que incluyen todos los puntos de suelo, vegetación baja, media y alta, etc.

### 3.3.6. Cálculo de áreas de riesgo

En este paso se obtendrán las zonas de riesgo por distancias a los cables bajo tres criterios: mínima distancia 3D, mínima altura, y mínima distancia por caída de árbol. Es necesario que se haya completado el paso anterior.

Estando abierto el proyecto del complemento *Model Management Tools*, activa la pestaña de *Point Cloud Processing Tools*, elegido el proyecto de nube de puntos, se debe seleccionar en la lista de comandos el correspondiente a este paso: *Determination of Hazard areas*.



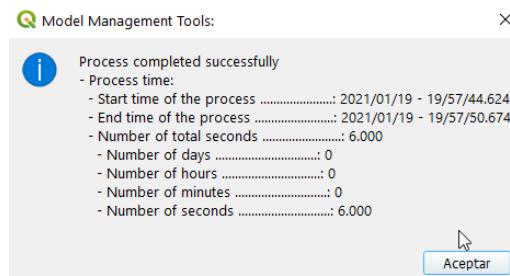
A continuación, se deben elegir los parámetros de procesamiento, pulsando en el botón *Parameters*:

Parameters			
	Code	Enabled	Description
1	DHA_BufferAreaSize	Si	50.000 Buffer area for point cloud points
2	DHA_ClassesToIgnore	Si	7;8;9;10;11;12 Classes to ignore
3	DHA_ComputeWindDeviationUsingMaximumSag	Si	true Instead to use maximum wind deviation parameter, compute using maximum sag
4	DHA_GroupsHazardAreasConnectionDistance	Si	1 Times of area size for connect hazard areas
5	DHA_MaximumCellsConnectedGroupsHazardAreas	Si	100 Maximum Cells connected groups hazard areas
6	DHA_MaximumStdThresholdCatenary	Si	0.40 Maximum standard deviation value in the catenary to be used as a wire geometry model
7	DHA_MaximumWindDeviation	Si	5.00 Maximum wind deviation
8	DHA_MinimumAreaSize	Si	2.00 Minimum area size
9	DHA_MinimumDistance	Si	5.00 Minimum distance
10	DHA_MinimumDistanceByFall	Si	1.00 Minimum distance by fall
11	DHA_MinimumFreeHeight	Si	10.00 Minimum free height
12	DHA_MultiProcess	Si	true Use multi process
13	DHA_ProcessOnlyEnabledWiresGroups	Si	true Process only enabled pylons connections and wires groups
14	DHA_VegetationGrowthModelConfidenceLevel	Si	90% Confidence level for vegetation growth model
15	DHA_VegetationGrowthModelFile	Si	C:/ulcm/Ejemplo_Zamora_1/Vegetation_Height_Growth/VegetationGrowthModel.txt Vegetation growth model file, build with point cloud tools internal process
16	DHA_YearsExtrapolation	Si	0 Years for the extrapolation to the future of the growth model, 0 no extrapolation
17	DHA_dtm_raster_file	Si	C:/ulcm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_dtm_pnoa_lidar.tif DTM raster file, same CRS as project.

Junto a cada parámetro figura su descripción. Con los valores introducidos se han conseguido resultados en el ejemplo procesado, tanto para el caso PNOA LIDAR como RPAS LIDAR, eligiendo correctamente el MDT en cada caso. Para intentar minimizar el número de áreas de riesgo se contemplan dos parámetros: *DHA\_MinimumAreaSize*, puesto a 2 m como mínimo para PNOA LIDAR con una densidad de un punto cada dos metros cuadrados, y *DHA\_GroupsHazardAreasConnectionDistance*, puesto en este caso a 1 celda de mínima área, pero que se podría subir para agrupar. El parámetro *DHA\_MinimumAreaSize* es crítico para el tiempo de proceso y el volumen de información a generar, careciendo de sentido utilizar un valor menor a la separación media entre puntos, 2 m en el caso de la primera edición del vuelo PNOA LIDAR.

Los tres últimos parámetros sirven para hacer intervenir en el cálculo una estimación del crecimiento de la vegetación. Para ello se ha debido obtener antes un modelo de crecimiento para la zona según el procedimiento descrito en el apartado 6 de este documento, ESTIMACIÓN DE CRECIMIENTO ANUAL DE ARBOLOADO. El parámetro *DHA\_VegetationGrowthModelFile* permite especificar el fichero del modelo de crecimiento obtenido, el parámetro *DHA\_VegetationGrowthModelConfidenceLevel* permite especificar el nivel de significación deseado para el modelo de crecimiento y el parámetro *DHA\_YearsExtrapolation* permite especificar el número de años de la extrapolación a futuro, de forma que si está a cero se calcularán las áreas de riesgo con la geometría presente en la nube de puntos.

Tras pulsar en el botón *Process* se inicia el cálculo que finaliza rápidamente, a pesar de que para este algoritmo se utiliza un único procesador, ya que, aunque figura el parámetro para la opción de multiproceso, todavía no se ha implementado.



Para cada conexión entre cables se genera un fichero de informe de resultados en la ruta de salida elegida en el complemento:

The screenshot shows a Windows File Explorer window with the following details:

- Path:** default > python > plugins > model\_management\_tools > libCpp > output
- File List:**
  - HazardAreas\_EP\_7\_EP\_1.txt
  - HazardAreas\_EP\_4\_EP\_5.txt
  - HazardAreas\_EP\_6\_EP\_7.txt
  - HazardAreas\_EP\_3\_EP\_4.txt
  - HazardAreas\_EP\_2\_EP\_3.txt
  - HazardAreas\_EP\_1\_EP\_2.txt
  - WiresMaximumSagHypothesis\_EP\_6\_EP\_7.txt
  - WiresMaximumSagHypothesis\_EP\_7\_EP\_1.txt
  - WiresMaximumSagHypothesis\_EP\_2\_EP\_3.txt
  - WiresMaximumSagHypothesis\_EP\_3\_EP\_4.txt
  - WiresMaximumSagHypothesis\_EP\_4\_EP\_5.txt
  - WiresMaximumSagHypothesis\_EP\_1\_EP\_2.txt
- Properties View (for HazardAreas\_EP\_7\_EP\_1.txt):**
  - Tipo: Documento de texto
  - Tamaño: 28,2 KB
  - Fecha de modificación: 09/10/2019 17:20
- File Details:**

```
C:\Users\PCRPA03\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\model_management_tools\libCpp\output\HazardAreas_EP_7_EP_1.txt - Notepad+
Archivo Editar Buscar Vista Codificación Lenguaje Configuración Herramientas Macro Ejecutar Plugins Ventana ?
temp.bat ElectricPylons.qml HazardAreas_EP_7_EP_1.txt
1 Determination of hazard areas report
2 - Project file .....: C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LiDAR/pwl_pnoa_lidar.sqlite
3 - Electric pylons connection .....: EP_7_EP_1
4 - Number of wire groups .....: 4
5 - Processing parameters:
6   - Process only enabled .....: True
7   - Minimum area size .....: 2.000
8   - Buffer area size .....: 50.000
9   - Connection distance .....: 1
10  - Maximum number of connected cells ..:100
11  - DTM raster file .....: C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LiDAR/Preprocesamiento/zamora_dtm_pno
12  - Wind deviation using maximum sag .....: False
13  - Maximum wind deviation (no if sag) ..: 5.000
14  - Minimum distance by fall .....: 1.000
15  - Minimum free height .....: 10.000
16  - Minimum slope distance .....: 5.000
17  - Point classes to ignore .....: 7,8,9,10,11,12
18  - Catenary threshold .....: 0.400
19 - Region of interest .....: POLYGON((299188.4129 4628155.7267,299472.2110 4628299.9047,299517.5042 46282
20 - Number of points in region ...: 6441
21 - Number of points to ignore:
22   - First electric pylon .....: 27
23   - Second electric pylon .....: 36
24   - Electric pylons connection : 66
25   - Wires groups .....: 0
26 - Hazard areas maximum sag hypothesis groups: 32
27
28 N.Cells Objects Ids Count Statistics distances Statistics fall d
29 15 34 15 8.39 6.78 9.89 0.95 1 5.97 ----
30 2 35 2 9.17 8.97 9.37 0.28 0 ---- ----
31 11 35 10 8.97 7.23 9.81 0.76 6 5.21 4.00
32 12 34 12 8.47 7.22 10.00 0.87 0 ---- ----
33 22 35 20 8.53 6.62 9.91 0.96 12 4.42 3.00

```

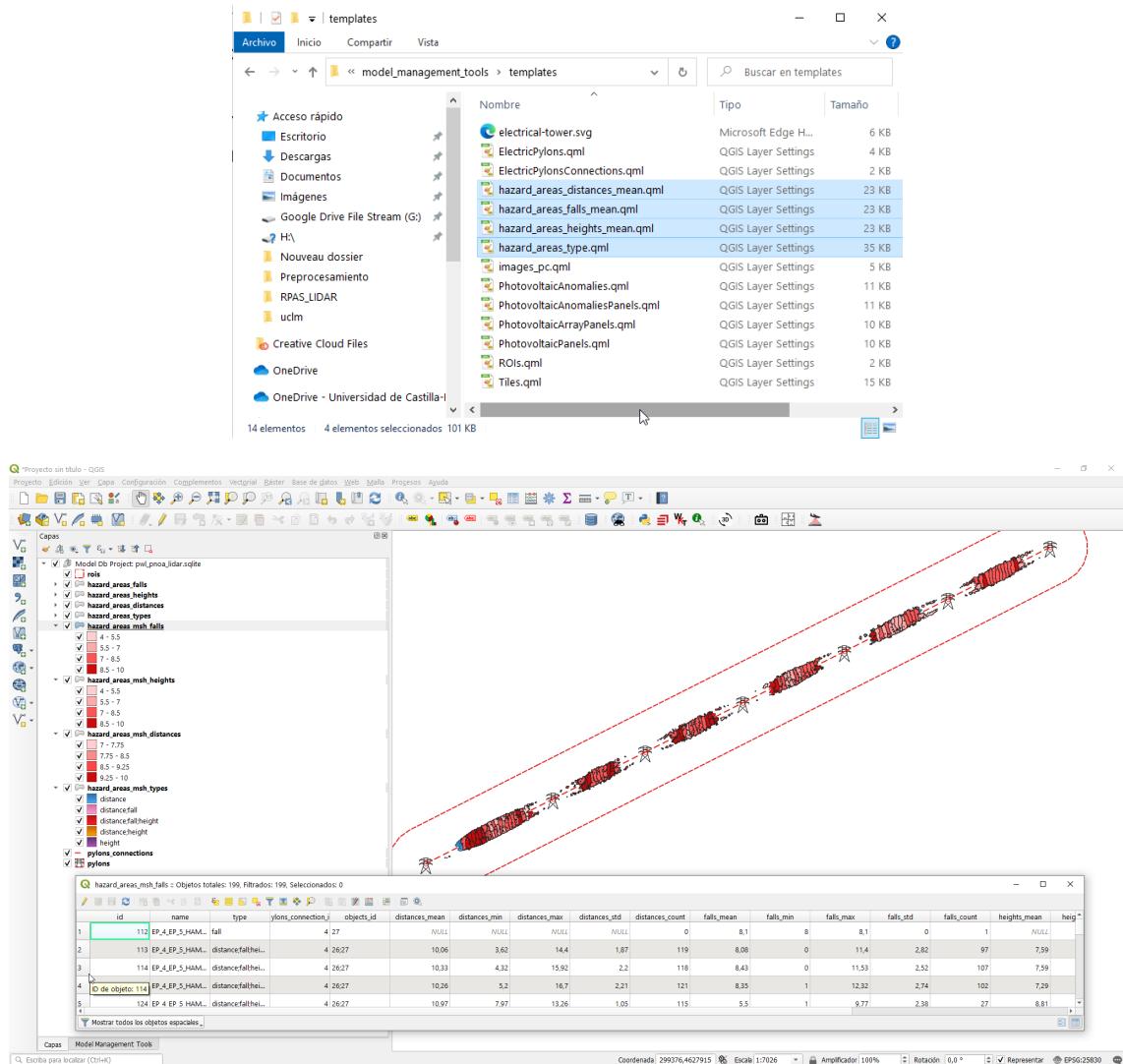
La base de datos se ha actualizado con los resultados del procesamiento.

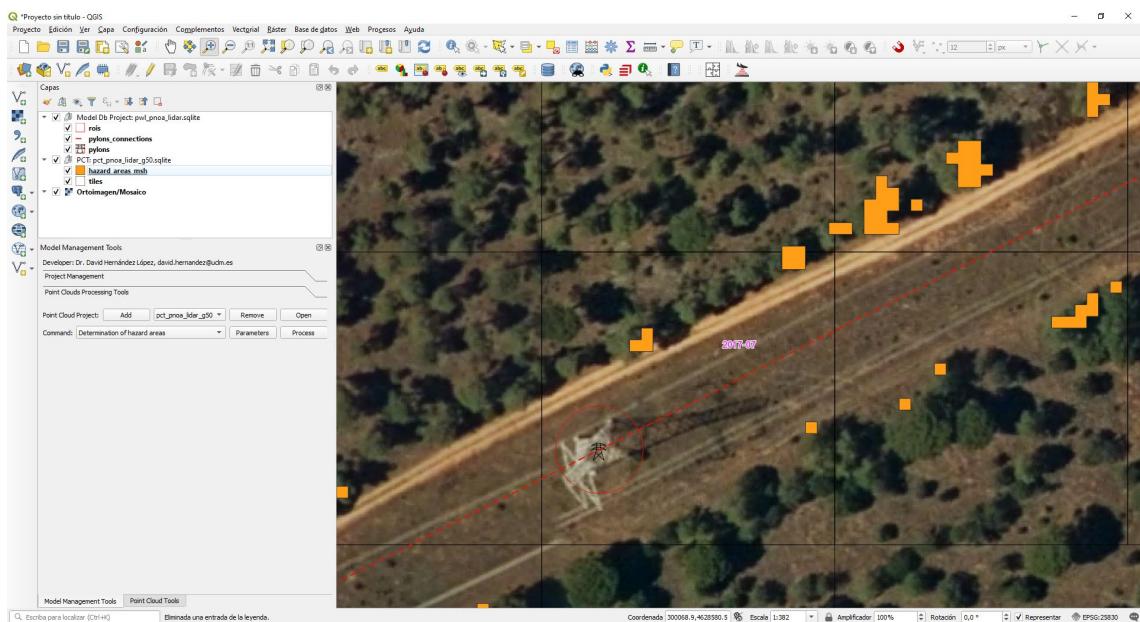
The screenshot shows the QGIS DB Manager interface with the following details:

- Base de datos:** Administrador de BDDB
- Table:** hazard\_areas\_msh
- Fields:**
  - id
  - name
  - type
  - lens\_connection\_
  - objects\_id
  - distances\_mean
  - distances\_min
  - distances\_max
  - distances\_std
  - distances\_count
  - falls
- Data View:**

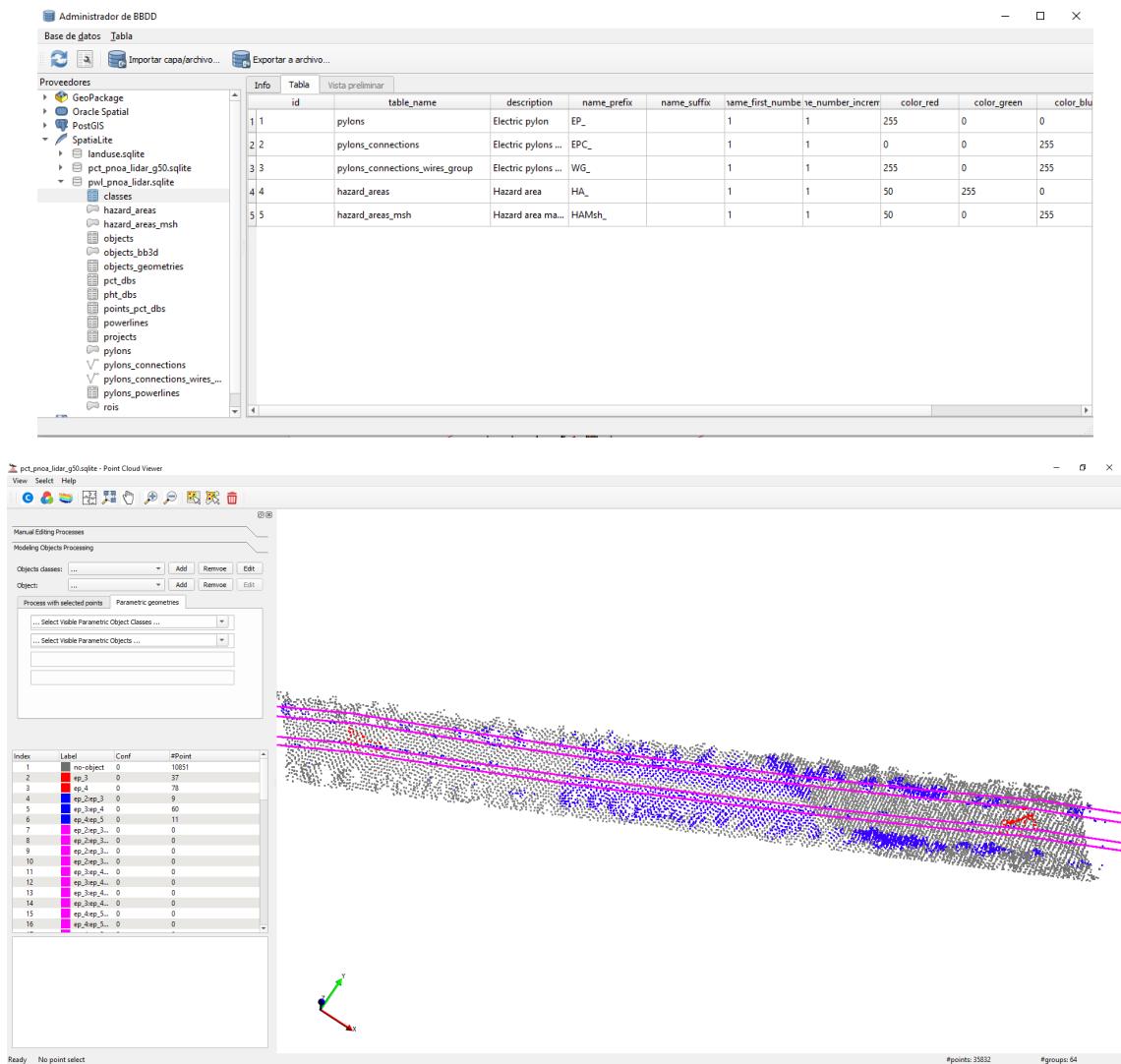
1	1	EP_1_EP_2_HA...	distanceheight	1	14	9.55	8.99	9.93	0.4	4	NULL
2	2	EP_1_EP_2_HA...	distancefall	1	14	8.79	8.1	9.83	0.67	5	5.74
3	3	EP_1_EP_2_HA...	distancefall	1	14	8.73	8.26	9.29	0.53	3	5.39
4	4	EP_1_EP_2_HA...	distancefallhei...	1	15	8.29	7.11	9.45	0.94	6	5.52
5	5	EP_1_EP_2_HA...	distancefall	1	14	8.69	8.69	8.69	0.0	1	4.83
8	8	EP_1_EP_2_HA...	distancefallhei...	1	14	8.08	6.63	9.25	0.9	16	4.55
9	9	EP_1_EP_2_HA...	distancefall	1	15	8.47	7.11	9.63	0.92	7	4.41
10	10	EP_1_EP_2_HA...	distancefallhei...	1	14	7.86	4.73	9.32	1.26	16	3.85
11	11	EP_1_EP_2_HA...	distancefall	1	15	9.71	9.71	9.71	0.0	1	3.99
12	12	EP_1_EP_2_HA...	distancefall	1	14	8.56	7.36	9.98	1.0	5	3.39
13	13	FP_1_EP_2_HA...	distancefallhei...	1	15	6.57	2.7	9.79	2.23	15	2.45

Cuando se acepta el diálogo de finalización del proceso, al igual que al volver a abrir el proyecto, se cargan automáticamente las áreas de riesgo obtenidas, asignando por defecto una simbología que persiste en cuatro ficheros *qml* en la carpeta *templates* del complemento y que se podría modificar según los criterios del operador.





Los resultados también se pueden visualizar en el visor 3D ya que se ha añadido una nueva clase y tantos objetos como áreas de riesgo obtenidas, asignándose a cada una de ellas los puntos que incluye.



## 4. PROCESAMIENTO CON DATOS RPAS LIDAR

Este procesamiento se ha realizado en la ruta:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\RPAS\_LiDAR

### 4.1. Proyecto de nube de puntos

A partir de la planificación, vuelo y procesamiento se obtiene un fichero derivado de la captura con el equipo RPAS LIDAR, que para este ejemplo se encuentra en:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\RPAS\_LIDAR\Datos\_LiDAR\zamora.las

Es el resultado del vuelo y procesamiento con el equipo, RPAS y LIDAR, adquirido por Eiffage.

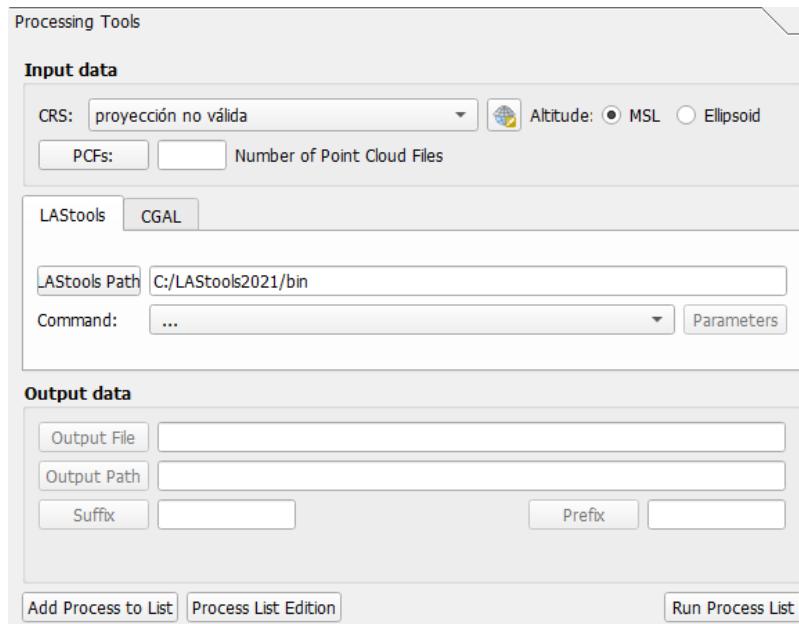
El objetivo de este paso es obtener una base de datos de un proyecto de nube de puntos que se usará después en el proyecto de gestión de modelos.

Este proceso se realizará con el complemento Point Cloud Tools, accesible con el botón  Conviene cerrar QGis, volver a abrirlo y pulsar en el ícono a continuación, desplegándose el componente gráfico principal del proyecto en la parte inferior izquierda.

El proceso es muy parecido al realizado para el caso PNOA LIDAR, pero con algunos cambios que serán apuntados.

#### 4.1.1. Preprocesamiento

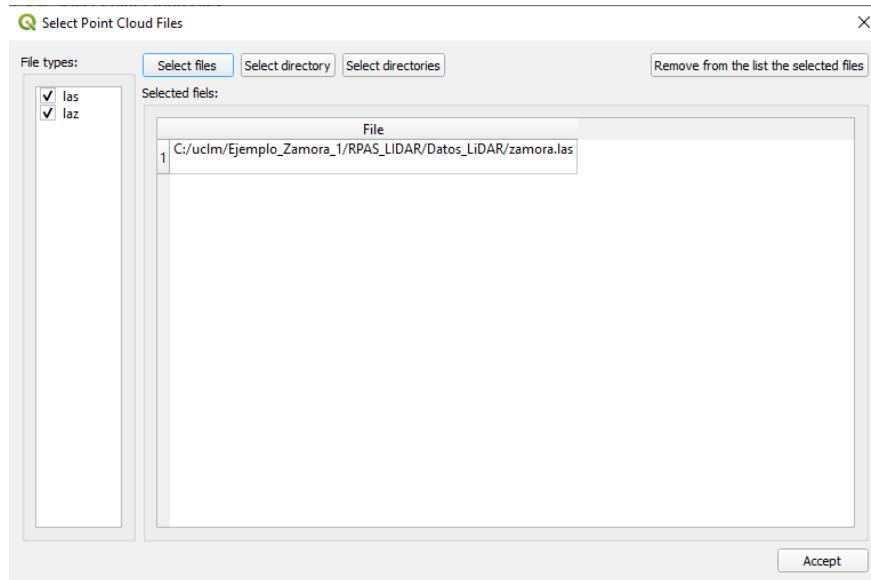
Pulsando en la pestaña Processing Tools se muestra el componente que permitirá realizar el preprocesamiento.



Se procede a seguir una serie de pasos de selección, de arriba abajo.

En primer lugar, se debe elegir el CRS al que están referidos los ficheros RPAS LIDAR, EPSG:25830 y altitudes MSL (ortométricas). En realidad, el sistema de altitudes es elipsoidal, pero en este paso indicamos ortométricas ya que la conversión se realizará posteriormente con una herramienta de LASTTOOLS.

A continuación, pulsando en el botón *PCFs*, se debe elegir el fichero RPAS LIDAR a preprocesar. Se despliega un diálogo que permite una selección muy sencilla e intuitiva de ficheros.



A continuación, en la pestaña correspondiente al tipo de procesamiento a realizar, *LASTOOLS*, en este caso, se puede elegir la ruta de instalación de las herramientas de LASTOOLS, y, en la lista de selección de *Command*, se debe elegir la opción *Powerline Preprocessing*, eligiendo a continuación los parámetros de procesamiento en el diálogo que se despliega tras pulsar en el botón *Parameters*

Parameters				
	Code	Enabled	Value	Description
1	PP_lastile_buffer	Si	10.0	Buffer for tiles
2	pp_lasclip_first_shapefile	Si	C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Definicion_LAT/ROI_50m.shp	First shapefile for clip
3	pp_lasclip_second_shapefile	Si	C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Definicion_LAT/ROI_15m.shp	Second shapefile for clip. 25 m for PNOA-LIDAR
4	pp_lasclip_third_shapefile	Si	C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Definicion_LAT/ROI_7_5m.shp	Third shapefile for clip
5	pp_lasground_cores	Si	4	Number of cores
6	pp_lasground_step	Si	1.0	Step for ground classification. 1.0 for uav lidar, 5 for PNOA-LIDAR
7	pp_lasnoise_isolated	Si	6	Minimum number of points in areas around a point to find outliers
8	pp_lasnoise_step	Si	1.0	Size of 3x3x3 areas around a point to find outliers. Use 10 m for PNOA-LIDAR
9	pp_lasthin_amd	Si	1.0	Adaptative maximum distance between points
10	pp_lasthin_avt	Si	0.20	Adaptative vertical tolerance
11	pp_lasthin_step_out_powerline	Si	0.20	Adaptative vertical tolerance
12	pp_lastile_cores	Si	4	Number of cores
13	pp_lastile_tile_buffer	Si	10.0	Buffer for tiles
14	pp_lastile_tile_size	Si	100.0	Output tile size
15	pp_temporal_path	Si	C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp	Empty base path for auxiliary temporal folders

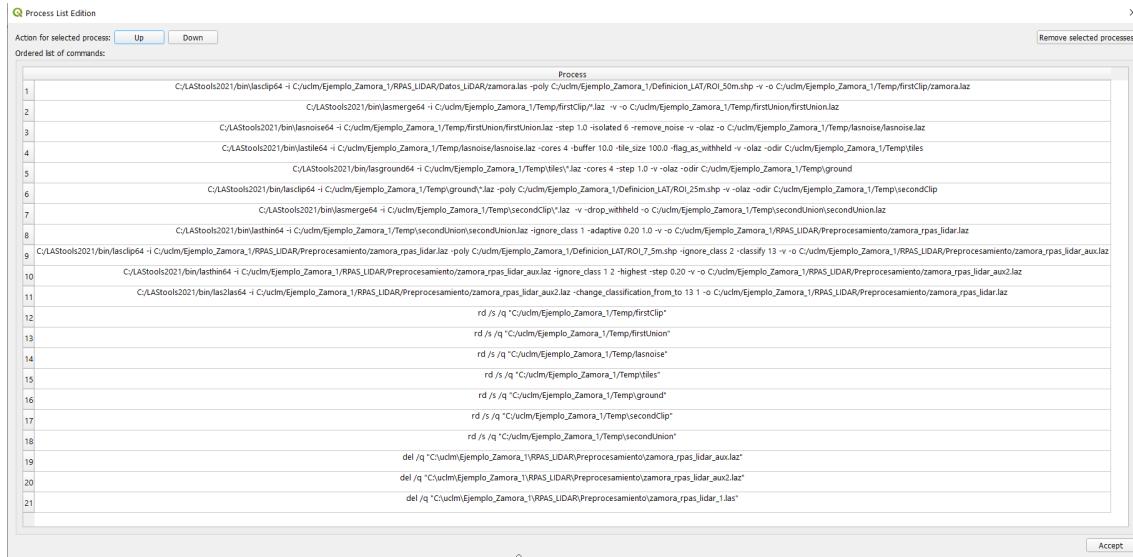
Para modificar cualquier parámetro basta con pulsar en la celda correspondiente en la columna *Value*. En la captura anterior se observa que se han seleccionado ficheros shapefile creados anteriormente. Algunos de los valores elegidos como óptimos para ciertos parámetros dependen de si se trata de un caso de PNOA LIDAR o de RPAS LIDAR, como consecuencia de la diferencia en densidad de puntos. También se elige una ruta para ficheros auxiliares que se eliminarán automáticamente una vez finalizado el procesamiento, debiendo hacerlo

manualmente el usuario en caso de fallo. Cualquier cambio se graba automáticamente en un fichero XML, de forma que será el empleado hasta que no sea modificado de nuevo.

A continuación, se debe elegir el fichero LAZ resultante del preprocesamiento, proponiéndose:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\RPAS\_LIDAR\Preprocesamiento\zamora\_rpas\_lidar.laz

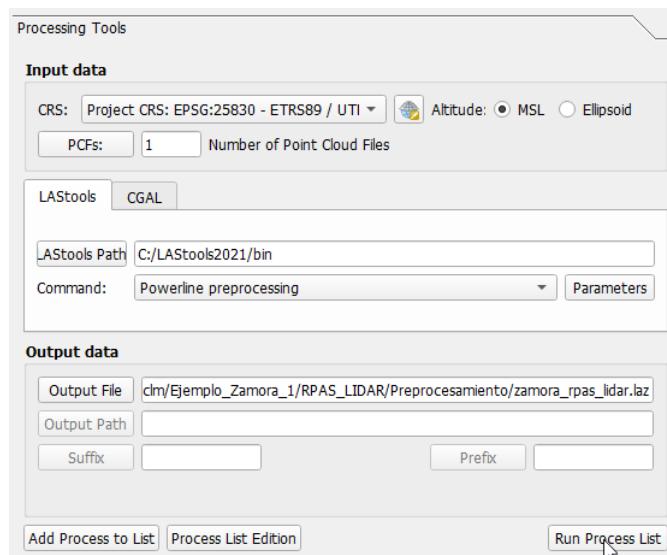
El siguiente paso es pulsar en el botón *Add Process to List*, pudiendo editarse tras pulsar en el botón *Process List Edition*:



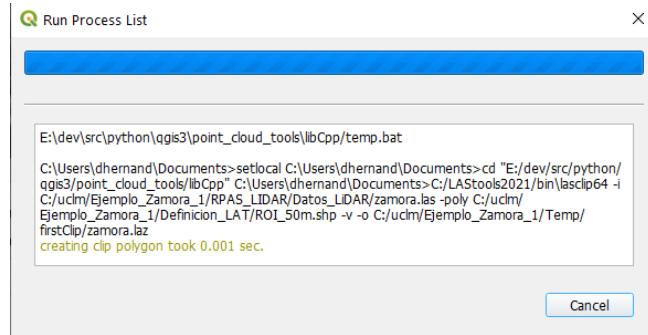
El contenido de la lista anterior no es sino una secuencia ordenada de llamadas a programas ejecutables de LASTOOLS y algunos comandos del sistema operativo.

Antes de lanzar la ejecución de los procesos se debe desactivar el antivirus ya que interpreta estos comandos como necesarios de ser analizados y se provoca su interrupción momentánea y fallo, ya que cada comando precisa que haya finalizado correctamente el anterior.

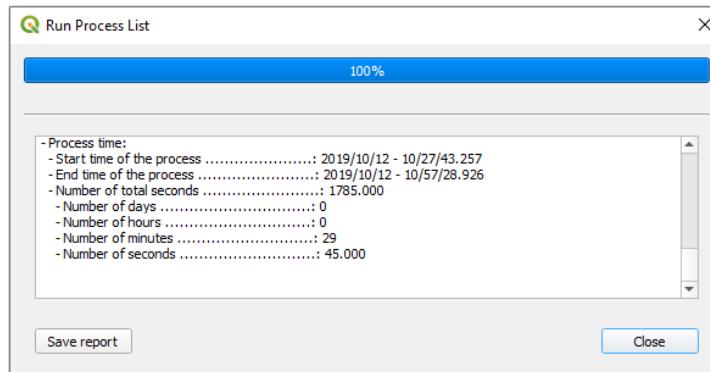
Esta lista se almacenará en un fichero .BAT que se ejecuta al pulsar en el botón *Run Process List*,



desplegándose un diálogo donde se va mostrando la salida estándar:



que al finalizar muestra el tiempo de ejecución y cuyo contenido se puede guardar en un fichero pulsando en el botón *Save report*.



Por si se desea consultar, el fichero .bat es:

C:\Users\PCRPAS03\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\point\_cloud\_tools\libCpp\Temp.bat

```

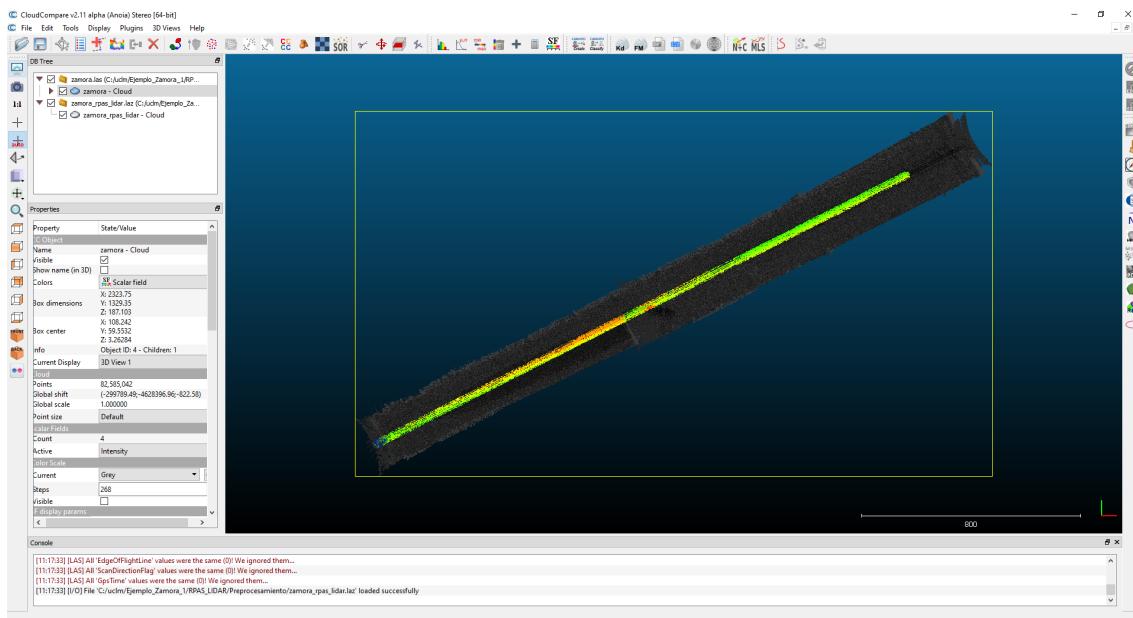
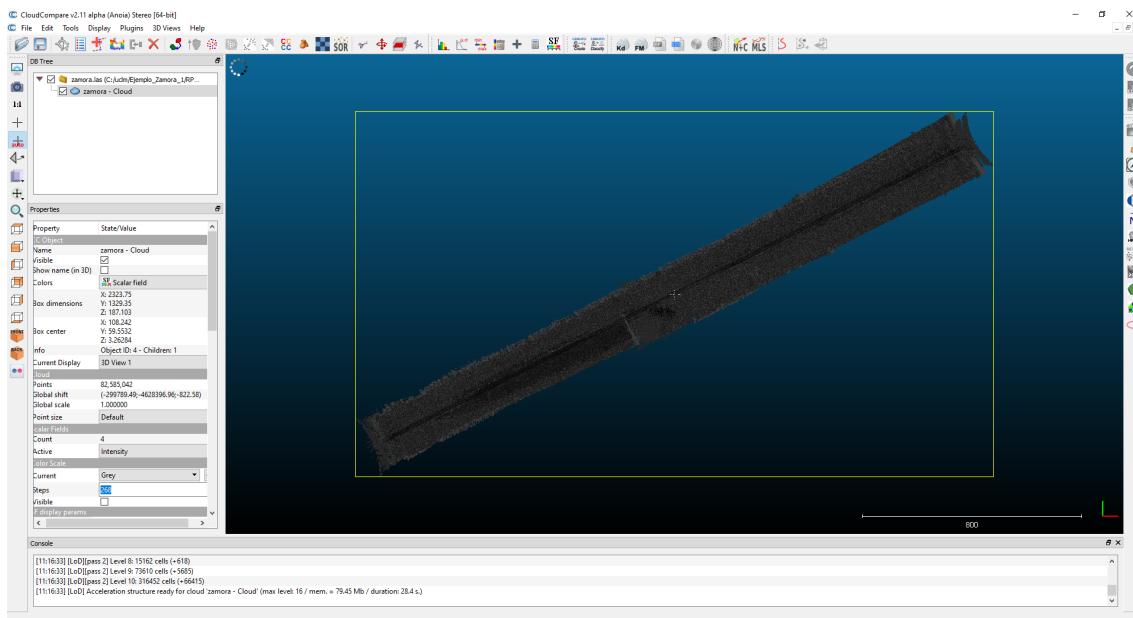
C:\Users\PCRPAS03\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\point_cloud_tools\libCpp\Temp.bat - Notepad+ - Archivo Editar Buscar Vista Codificación Lenguaje Configuración Herramientas Macro Ejecutar Plugin Ventana ?
temp.bat

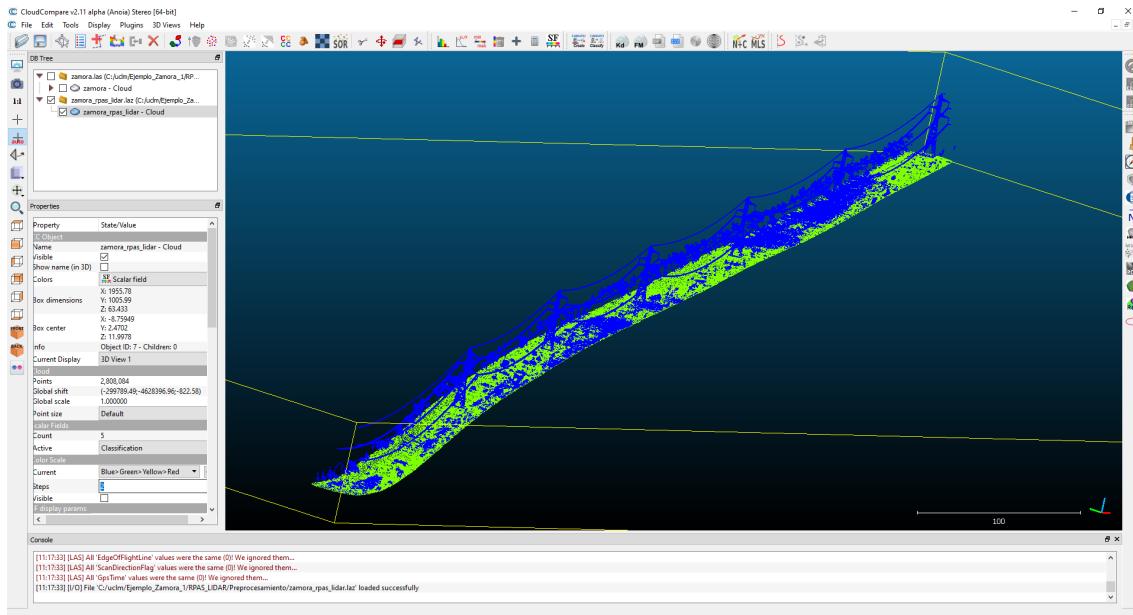
1 setlocal
2 cd "C:/Users/PCRPAS03/AppData/Roaming/QGIS/QGIS3/profiles/default/python/plugins/point_cloud_tools/libCpp"
3 C:/LASTools2019/bin/lasclip64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/RPAS_LIDAR/Datos_LIDAR/zamora.laz -poly C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Definicion_LAT/ROI_50m.shp -vv -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/firstUnion/firstUnion.laz
4 C:/LASTools2019/bin/lasmerge64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/firstClip/*.laz -v -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/firstUnion/firstUnion.laz
5 C:/LASTools2019/bin/lasnoise64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/firstUnion/firstUnion.laz -step 1.0 -isolated 6 -remove_noise -v -olaz -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/firstUnion/firstUnion.laz
6 C:/LASTools2019/bin/lastile64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/lasnoise/lasnoise.laz -cores 4 -buffer 10.0 -tile_size 100.0 -flag_as withheld -v -olaz -od C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/ground
7 C:/LASTools2019/bin/lasround64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/lasnoise*.laz -cores 4 -step 1.0 -v -olaz -odir C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/ground
8 C:/LASTools2019/bin/lasclip64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/ground*.laz -poly C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Definicion_LAT/ROI_15m.shp -v -olaz -odir C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/secondUnion
9 C:/LASTools2019/bin/lasmerge64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/secondClip*.laz -v -drop withheld -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/secondUnion/secondUnion.laz -ignore_class 1 -adaptive 0.20 1.0 -v -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/secondUnion/secondUnion.laz
10 C:/LASTools2019/bin/lasclip64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/secondUnion/secondUnion.laz -ignore_class 1 -adaptive 0.20 1.0 -v -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/secondUnion/secondUnion.laz
11 C:/LASTools2019/bin/lasclip64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/RPAS_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_rpas_lidar.laz -poly C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Definicion_LAT/ROI_15m.shp -v -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/secondUnion/secondUnion.laz
12 C:/LASTools2019/bin/laslasthin64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/RPAS_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_rpas_lidar.aux.laz -ignore_class 1 2 -highest -step 0.20 -v -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/secondUnion/secondUnion.laz
13 C:/LASTools2019/bin/las2las64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/RPAS_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_rpas_lidar_aux2.laz -change_classification_from_to 13 1 -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/secondUnion/secondUnion.laz
14 rd /s /q "C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/firstClip"
15 rd /s /q "C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/firstUnion"
16 rd /s /q "C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/lasnoise"
17 rd /s /q "C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/tiles"
18 rd /s /q "C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/ground"
19 rd /s /q "C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/secondClip"
20 rd /s /q "C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/Temp/secondUnion"
21 del /q "C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/RPAS_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_rpas_lidar_aux.laz"
22 del /q "C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/RPAS_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_rpas_lidar_aux2.laz"
23 del /q "C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/RPAS_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_rpas_lidar_1.laz"
24 endlocal
25 endlocal

```

y será modificado por cualquier proceso posterior de este complemento que también consista en la ejecución de un fichero .bat

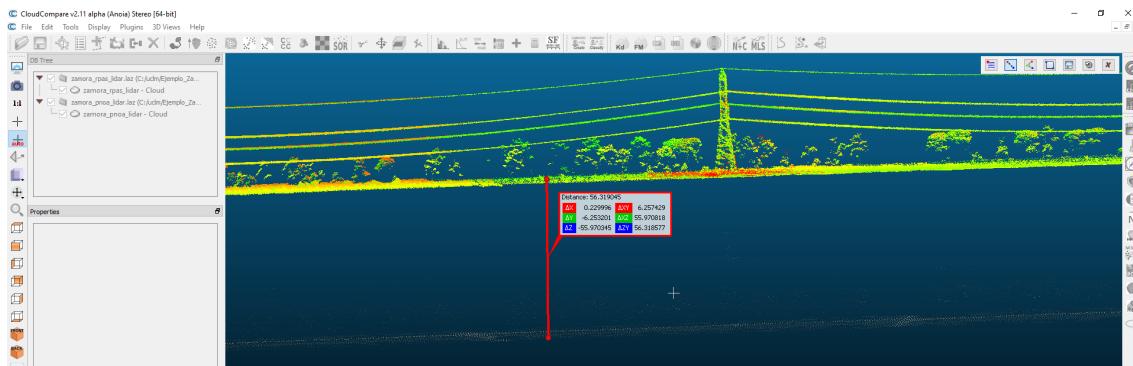
El resultado del preprocesamiento será un único fichero optimizado en densidad, región y con una clasificación que incluye dos clases: puntos de terreno y puntos no clasificados. Adviértase que, en este caso, se ha pasado de un fichero de 2.5 Gbytes a un fichero de menos de 21 Mbytes, lo que agilizará en gran medida procesos posteriores.





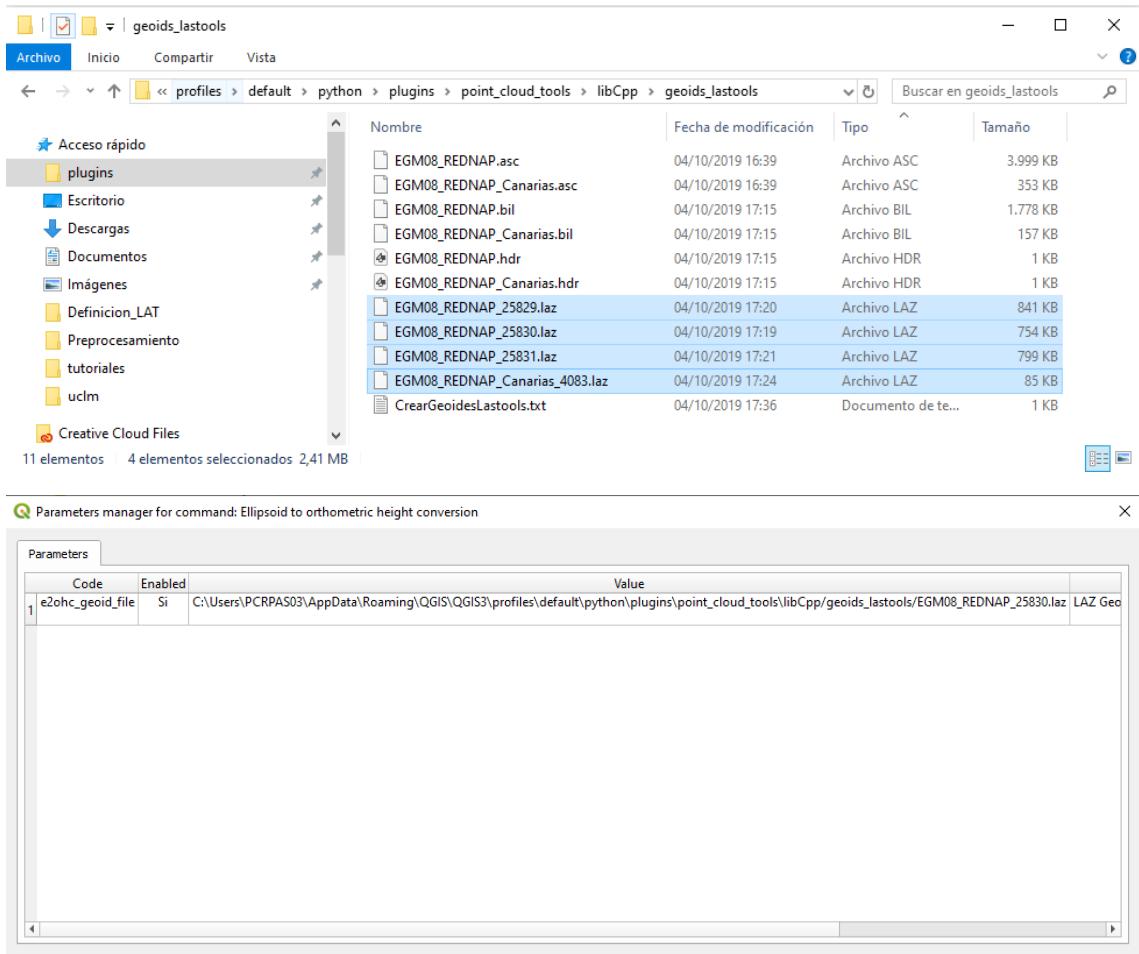
#### 4.1.2. Conversión a altitudes ortométricas

El fichero RPAS LIDAR de partida está en altitudes elipsoidales, lo que resulta evidente al cargar en Cloud Compare este fichero y el fichero PNOA LIDAR resultado del preprocesamiento, apreciándose que el RPAS LIDAR está unos 50 m por encima del PNOA LIDAR, valor promedio de ondulación del geoide. Por tanto, se precisa convertir las altitudes al sistema de altitudes ortométricas.



Para facilitar la operación de conversión se ha introducido un comando en la lista de comandos de LASTOOLS, *Ellipsoid to Orthometric Height Conversion*, debiendo elegirse como único parámetro el fichero LAZ de ondulaciones del geoide, según la zona de España, estando por defecto seleccionado el más frecuente, el correspondiente al código EPSG 25830 ya que la mayor parte del territorio peninsular está en el huso 30 de la proyección UTM. Si se trabajara en un huso distinto habría que elegir el fichero correspondiente. Esta herramienta sólo incluye el modelo del geoide oficial en España, para su uso fuera habría que generar el fichero correspondiente, para lo que se puede consultar el contenido del fichero:

```
C:\Users\PCRPAS03\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\point_cloud_tools\libCpp\geoids_lastools\CrearGeoidesLastools.txt
```



Como fichero de salida se ha elegido:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\RPAS\_LIDAR\Preprocesamiento\zamora\_rpas\_lidar\_msl.laz

Donde msl quiere recordar el acrónimo en inglés de Mean Sea Level, muy extendido para identificar altitudes referidas al geoide, altitudes ortométricas.

Tras crear una lista de procesos que sólo incluya este nuevo proceso, se pueden seguir, por ejemplo, dos posibles alternativas:

- Editar la lista, eliminar todos los procesos y añadir el último.
- Añadir el último, editar la lista y eliminar todos los anteriores.

Tras pulsar en *Run Process List* se lanzará el proceso, que para los 20 Mbytes del fichero apenas requiere unos segundos.

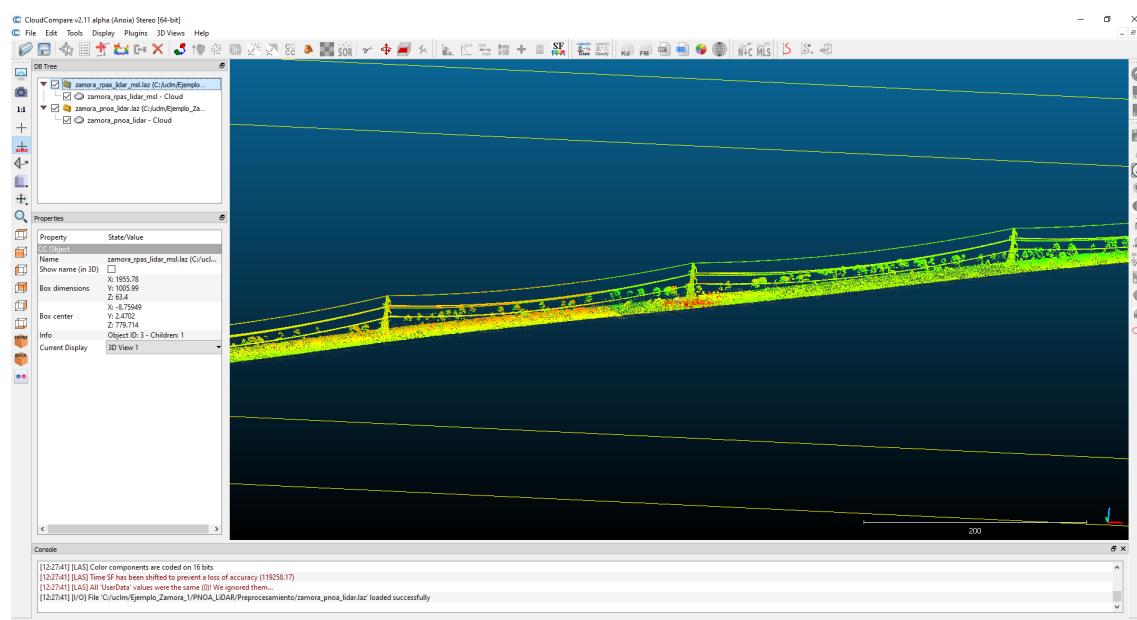
Run Process List

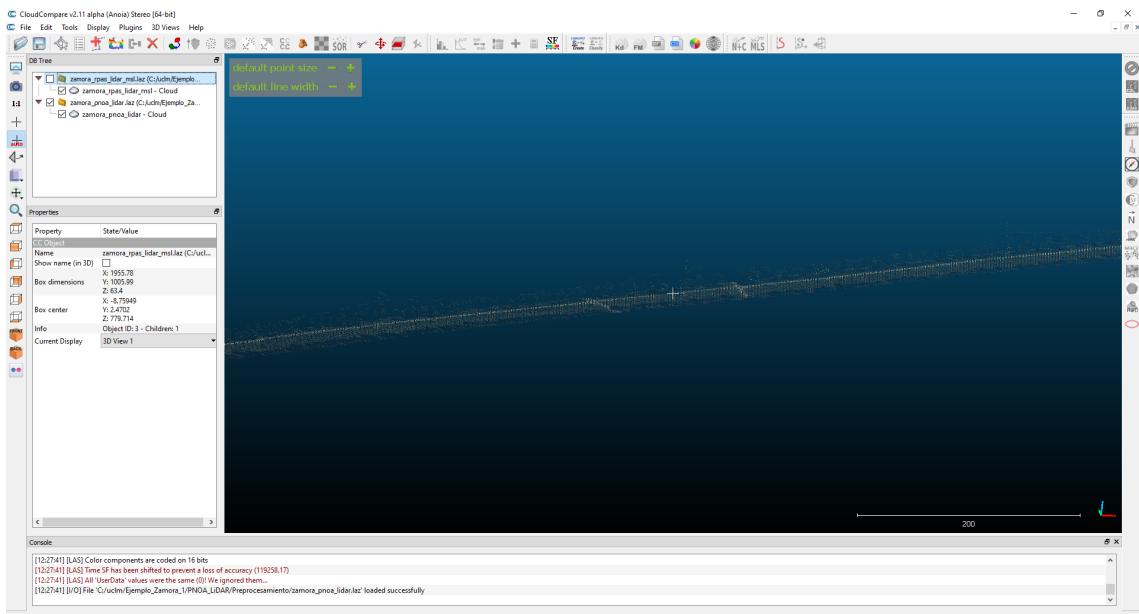
100%

```
E:\dev\src\python\qgis3\point_cloud_tools\libCpp\temp.bat

C:\Users\dhernand\Documents>setlocal C:\Users\dhernand\Documents>cd "E:/dev/src/python/qgis3/
point_cloud_tools/libCpp"
C:\Users\dhernand\Documents>C:/LASTools2021/bin/lasheight64 -i C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/RPAS_LIDAR/
Preprocesamiento/zamora_rpas_lidar.laz -ground_points E:\dev\src\python\qgis3\point_cloud_tools\libCpp/
geoids_lastools/EGM08_REDNAP_25830.laz -replace_z -all_ground_points -o C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/
RPAS_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_rpas_lidar_msl.laz
done with 'C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/RPAS_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_rpas_lidar_msl.laz'. total time
2.675 sec.
C:\Users\dhernand\Documents>endlocal
- Process time:
- Start time of the process .....: 2021/01/06 - 11/20/57.916
- End time of the process .....: 2021/01/06 - 11/21/00.660
- Number of total seconds .....: 3.000
- Number of days .....: 0
- Number of hours .....: 0
- Number of minutes .....: 0
- Number of seconds .....: 3.000
```

Se puede comprobar en Cloud Compare que ahora el sistema de altitudes es el mismo que el de PNOA LIDAR.



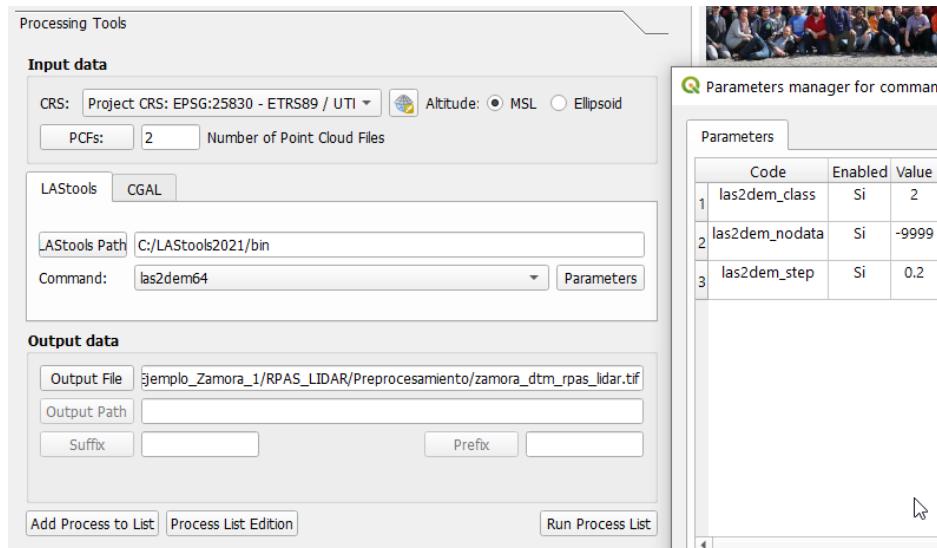


#### 4.1.3. Creación de un modelo digital del terreno

En este paso se debe crear un modelo digital del terreno, DTM, en formato raster GeoTIFF, para lo que se procede de forma similar al caso anterior, pero eligiendo ahora como único fichero de partida el creado en el paso anterior

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\RPAS\_LIDAR\Preprocesamiento\zamora\_rpas\_lidar\_msl.laz

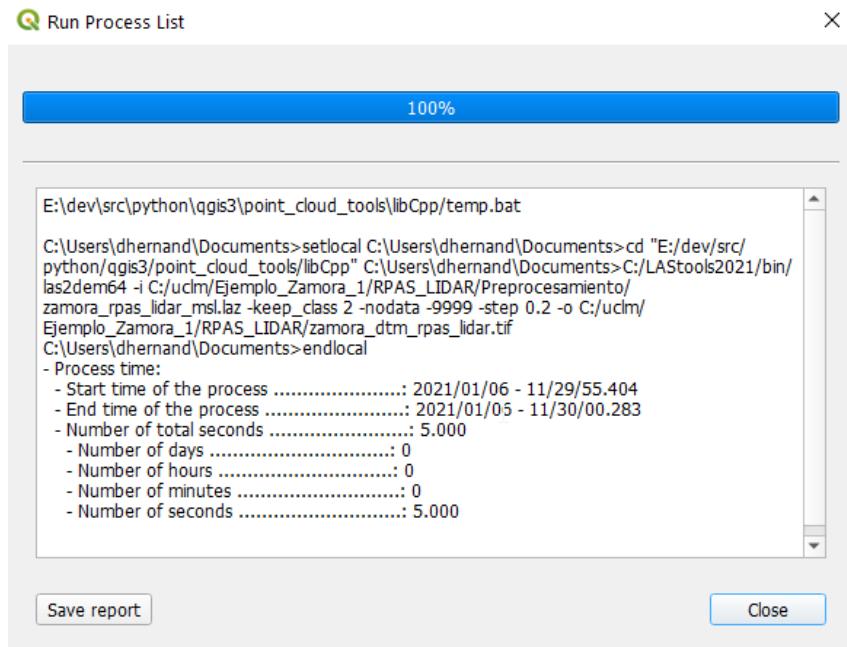
el proceso de LASTOOLS las2dem64, el fichero de salida (.tif) y los parámetros adecuados:



Tras crear una lista de procesos que sólo incluya este nuevo proceso, se pueden seguir, por ejemplo, dos posibles alternativas:

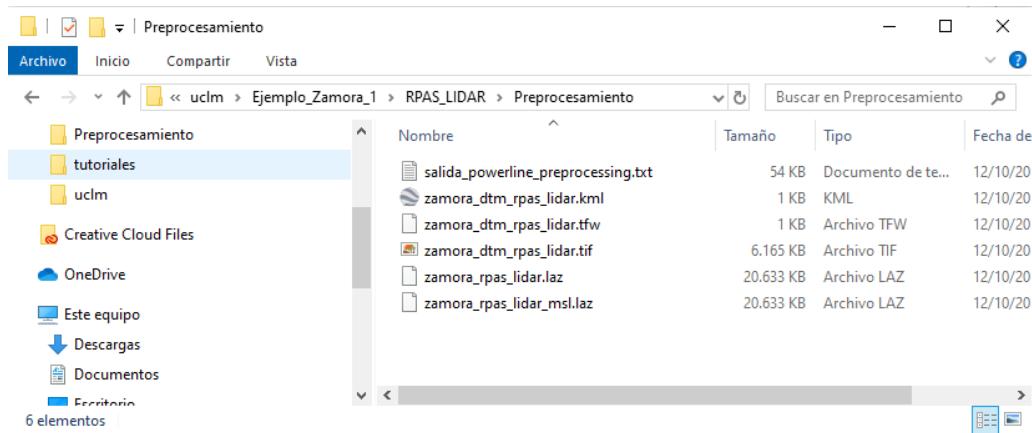
- Editar la lista, eliminar todos los procesos y añadir el último.
- Añadir el último, editar la lista y eliminar todos los anteriores.

Tras pulsar en *Run Process List* se lanzará el proceso, con una duración de unos segundos,



cuyo resultado será el DTM elegido:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\PNOA\_LiDAR\Preprocesamiento\zamora\_dtm\_rpas\_lidar.tif



Adviértase que este fichero ocupa unos 6 MBytes debido a que la zona es pequeña y la resolución espacial elegida es de 0.2 m, elegida como adecuada para la densidad de puntos necesaria para el procesamiento.

Es importante realizar una inspección de este fichero para intentar detectar alguna anomalía, normalmente manifestada como fuertes cambio de altitud en zonas pequeñas, lo que puede ser debido a errores en los datos o a la incorrecta elección de algún parámetro en el proceso Powerline Preprocessing, especialmente en el tamaño del paso para la clasificación de terreno, para el que se recomienda un valor de 5 m para PNOA LIDAR y 1 m para RPAS LIDAR.

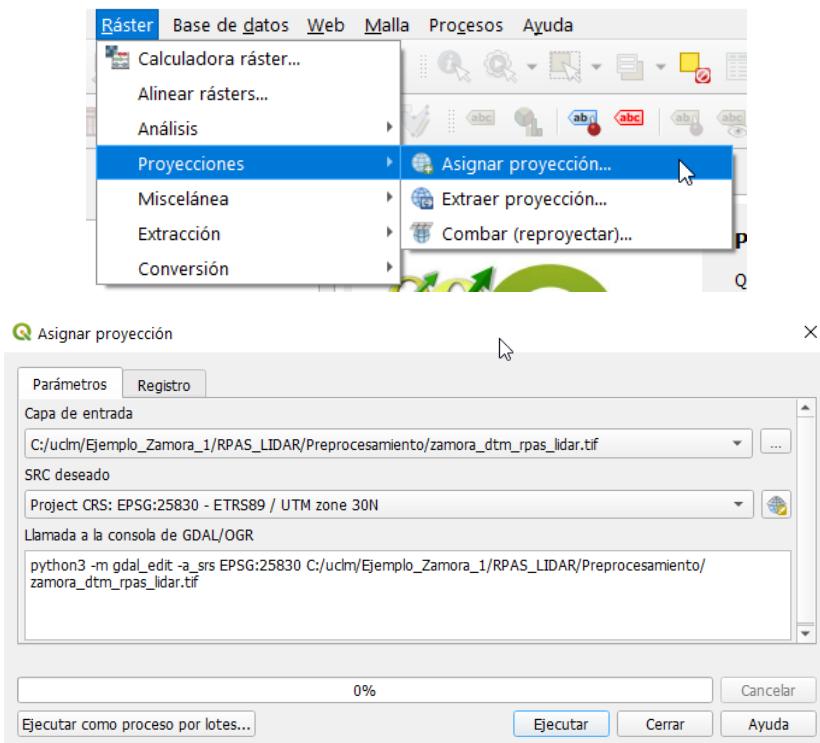
El MDT creado, aunque está en coordenadas UTM correctas, no tiene asignado el CRS y es necesario establecerlo para que funcionen los procesos que lo usan en este trabajo. La siguiente figura muestra la información del fichero en la consola de OSGeo4w.

```

OSGeo4W Shell
C:\uclm\Ejemplo_Zamora_1\RPAS_LIDAR\Preprocesamiento>gdalinfo zamora_dtm_rpas_lidar.tif
Driver: GTiff/GeoTIFF
Files: zamora_dtm_rpas_lidar.tif
Size is 9781, 5031
Coordinate System is:
LOCAL_CS["Transverse Mercator",
    GEOGCS["WGS 84",
        DATUM["WGS_1984",
            SPHEROID["WGS 84",6378137,298.257223563,
                AUTHORITY["EPSG","7030"]]],
        AUTHORITY["EPSG","6326"]],
    PRIMEM["Greenwich",0],
    UNIT["degree",0.0174532925199433],
    AUTHORITY["EPSG","4326"]],
    UNIT["metre",1,
        AUTHORITY["EPSG","9001"]]]
Origin = (298802.799999998358,4628902.60000000558794)
Pixel Size = (0.20000000000000,-0.20000000000000)
Metadata:
AREA_OR_POINT=Area
TIFFTAG_ARTIST=created by LAStools (c) martin.isenburg@rapidlasso.com
TIFFTAG_SOFTWARE=LAStools is a product of rapidlasso GmbH, Germany
Image Structure Metadata:
COMPRESSION=LZW
INTERLEAVE=BAND
Corner Coordinates:
Upper Left  ( 298802.800, 4628902.600)
Lower Left  ( 298802.800, 4627896.400)
Upper Right ( 300759.000, 4628902.600)
Lower Right ( 300759.000, 4627896.400)
Center      ( 299780.900, 4628399.500)
Band 1 Block=9781x20 Type=Float32, ColorInterp=Gray

```

Para asignarle el CRS se puede seguir el siguiente procedimiento: abrir QGis, sin tener cargado el DTM, elegir la opción *Ráster->Proyecciones->Asignar proyección ....*



Como resultado, solicitando de nuevo la información del fichero se puede observar que ya tiene el CRS asignado.

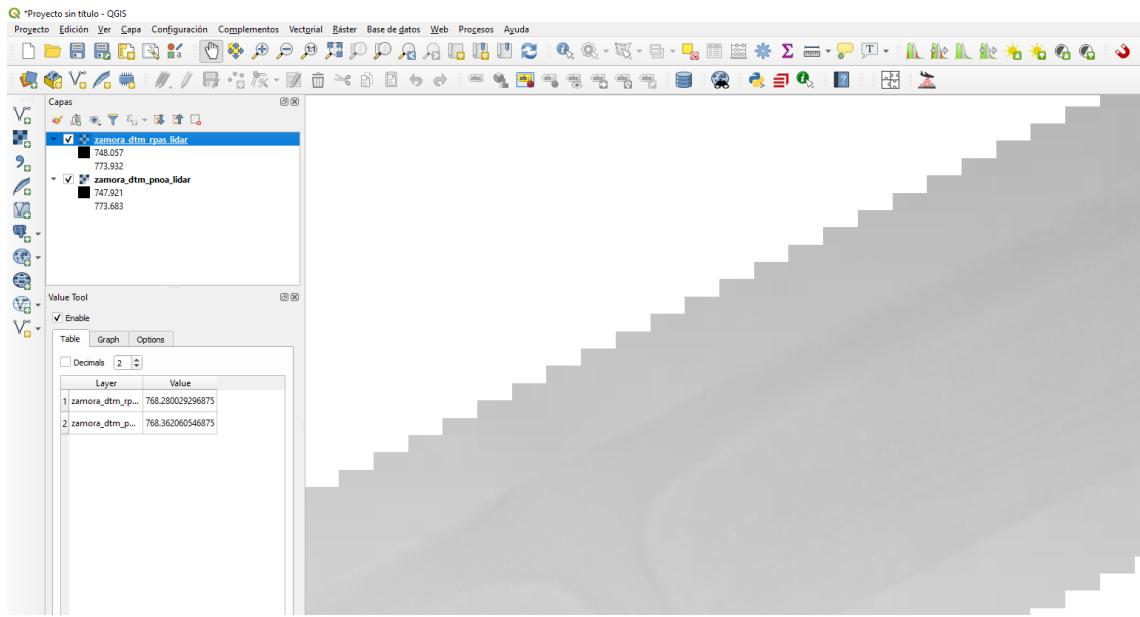
```

OSGeo4W Shell
C:\uclm\Ejemplo_Zamora_1\RPAS_LIDAR\Preprocesamiento>gdalinfo zamora_dtm_rpas_lidar.tif
Driver: GTiff/GeoTIFF
Files: zamora_dtm_rpas_lidar.tif
      zamora_dtm_rpas_lidar.tif.aux.xml
Size is 9781, 5031
Coordinate System is:
PROJCS["ETRS89 / UTM zone 30N",
    GEOGCS["ETRS89",
        DATUM["European_Terrestrial_Reference_System_1989",
            SPHEROID["GRS 1980",6378137,298.257222101,
                AUTHORITY["EPSG","7019"]]],
        TOWGS84[0,0,0,0,0,0],
        AUTHORITY["EPSG","6258"]],
    PRIMEM["Greenwich",0,
        AUTHORITY["EPSG","8901"]],
    UNIT["degree",0.0174532925199433,
        AUTHORITY["EPSG","9122"]],
    AUTHORITY["EPSG","4298"]],
    PROJECTION["Transverse_Mercator"],
    PARAMETER["latitude_of_origin",0],
    PARAMETER["central_meridian",-3],
    PARAMETER["scale_factor",0.9996],
    PARAMETER["false_easting",500000],
    PARAMETER["false_northing",0],
    UNIT["metre",1,
        AUTHORITY["EPSG","9001"]],
    AXIS["Easting",EAST],
    AXIS["Northing",NORTH],
    AUTHORITY["EPSG","25830"]]
Origin = (298802.79999999988358,4628902.60000000558794)
Pixel Size = (0.200000000000000,-0.200000000000000)
Metadata:
  AREA_OR_POINT=Area
  TIFFTAG_ARTIST=created by LASTools (c) martin.isenburg@rapidlasso.com
  TIFFTAG_SOFTWARE=LASTools is a product of rapidlasso GmbH, Germany
Image Structure Metadata:
  COMPRESSION=LZW
  INTERLEAVE=BAND
Corner Coordinates:
Upper Left ( 298802.800, 4628902.600) ( 5d25'16.47"W, 41d47'11.30"N)
Lower Left ( 298802.800, 4627896.400) ( 5d25'15.24"W, 41d46'38.70"N)
Upper Right ( 300759.000, 4628902.600) ( 5d23'51.79"W, 41d47'13.08"N)
Lower Right ( 300759.000, 4627896.400) ( 5d23'50.58"W, 41d46'40.48"N)
Center ( 299780.900, 4628399.500) ( 5d24'33.52"W, 41d46'55.89"N)
Band 1 Block=9781x20 Type=Float32, ColorInterp=Gray
  Min=748.057 Max=773.932
  Minimum=748.057, Maximum=773.932, Mean=762.647, StdDev=7.612
  NoData Value=-9999
Metadata:
  STATISTICS_APPROXIMATE=YES
  STATISTICS_MAXIMUM=773.93200683594
  STATISTICS_MEAN=762.64703561463
  STATISTICS_MINIMUM=748.05700683594
  STATISTICS_STDDEV=7.6118332812352

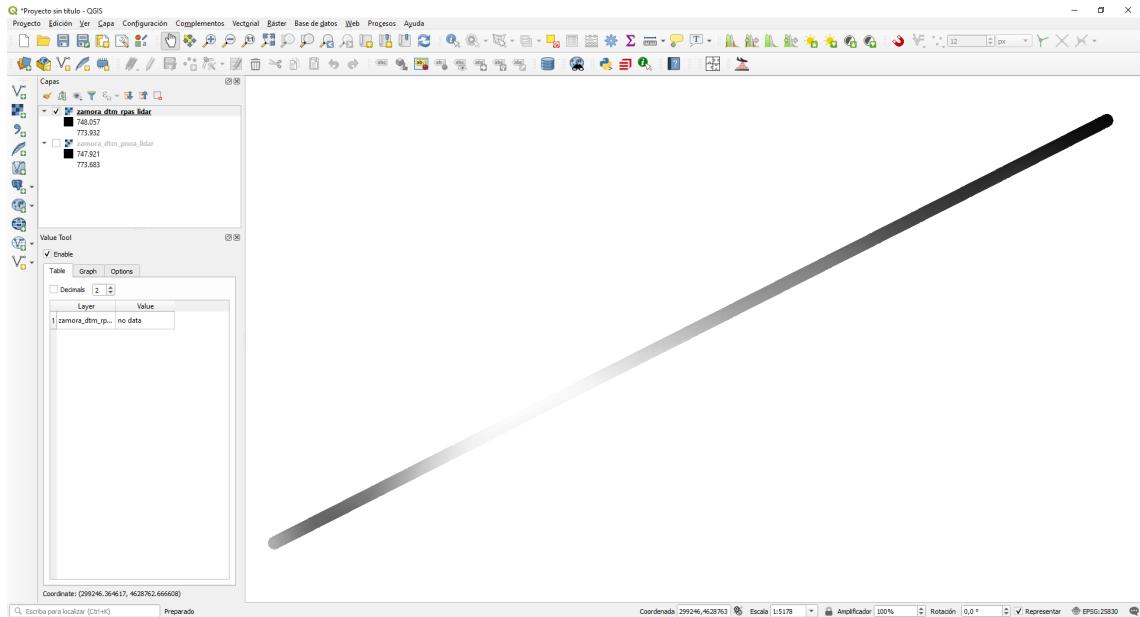
```

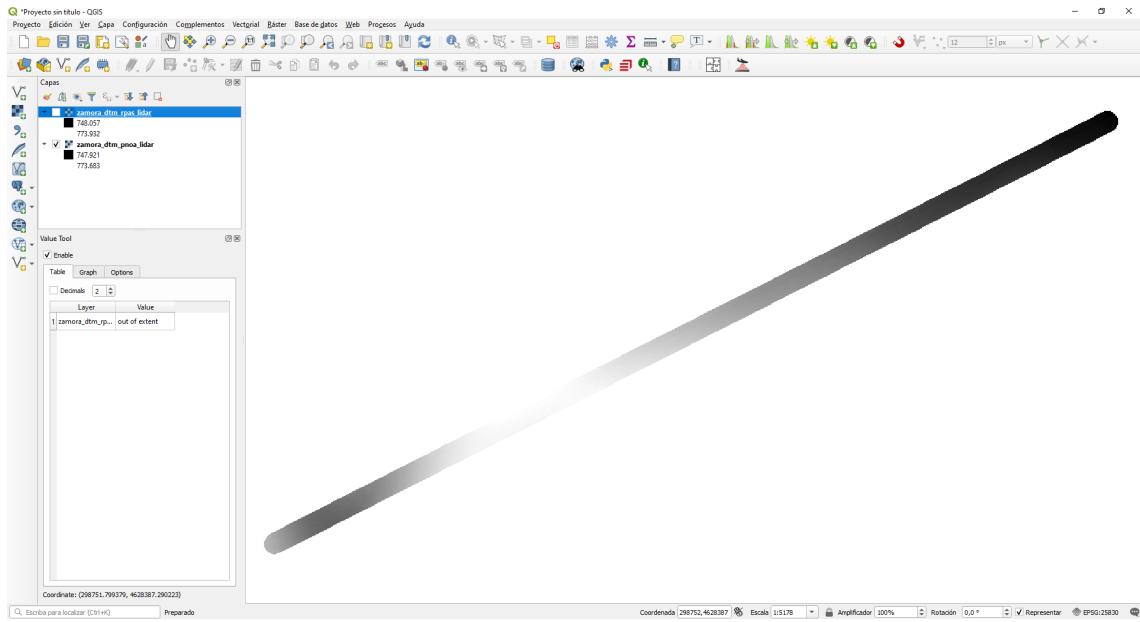
Para evitar tener que hacer esto cada vez que se cargue en QGis bastaría con exportarlo desde QGis eligiendo el CRS.

Con el complemento *Value Tool* de QGis, tras cargar los dos DTMs generados, el resultante del preprocesado a partir de PNOA LIDAR y a partir de RPAS LIDAR, se puede observar que hay diferencias lógicas en altitudes debidas a las precisiones propias de los errores acumulados en los procesos de medida y procesamiento de ambos tipos de datos. De no ser así habría que analizar y resolver las causas de error antes de continuar. Esta comprobación no se podría realizar si no se ha descargado y procesado el caso de PNOA LIDAR.



También se puede apreciar la diferencia en la anchura de la traza de ambos DTMs.





#### 4.1.4. Creación del proyecto de nubes de puntos

Tras abrir QGis y abrir el complemento *Point Cloud Tools*, se debe seleccionar la pestaña Project Management, apareciendo activa la pestaña *Create New Project*.

Para crear un nuevo proyecto se deben elegir:

- Tipo de proyecto (*powerline*, en este caso)
- Tamaño para el tileado de la nube de puntos, 20 m en este caso, recomendándose 50 m para PNOA LIDAR y 20 m para RPAS LIDAR.
- Parámetros (pulsando en el botón *Parameters*, y que de momento sólo incluye variables para el autor y la empresa, además del tipo de información a cargar para cada punto, activándose sólo el color)

Parameters								x
	Code	Enabled	Value	Description	Type	Unit	Minimum value	Maximum value
1	Author	Si	David Hernandez	Author	Text			
2	Color	Si	true	Store color	Value list			
3	ColorBytes	Si	1	Number of bytes to store color, RGB and nir	Value list			
4	Company	Si	UCLM	Company	Text			
5	GpsTime	Si	false	Store gps time	Value list			
6	Intensity	Si	false	Store intensity	Value list			
7	Nir	Si	false	Store nir	Value list			
8	Return	Si	false	Store return	Value list			
9	Returns	Si	false	Store returns	Value list			
10	Sourcelid	Si	false	Store source id	Value list			
11	UserData	Si	false	Store user data	Value list			

- CRS, EPSG:25830 en este ejemplo. Es importante utilizar siempre el mismo CRS en todo el proceso, tanto con este complemento como con el de modelado. Adviértase que de momento sólo se contempla la opción de trabajar con altitudes ortométricas, referidas al nivel medio del mar (Mean Sea Level, MSL)
- Fichero para la base de datos, de extensión sqlite, pulsando en el botón Db File, que para este ejemplo será:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\RPAS\_LiDAR\pct\_rpas\_lidar\_g20.sqlite

- Shapefile de tipo polígono donde figura la definición de la región de interés, creado en un paso anterior:

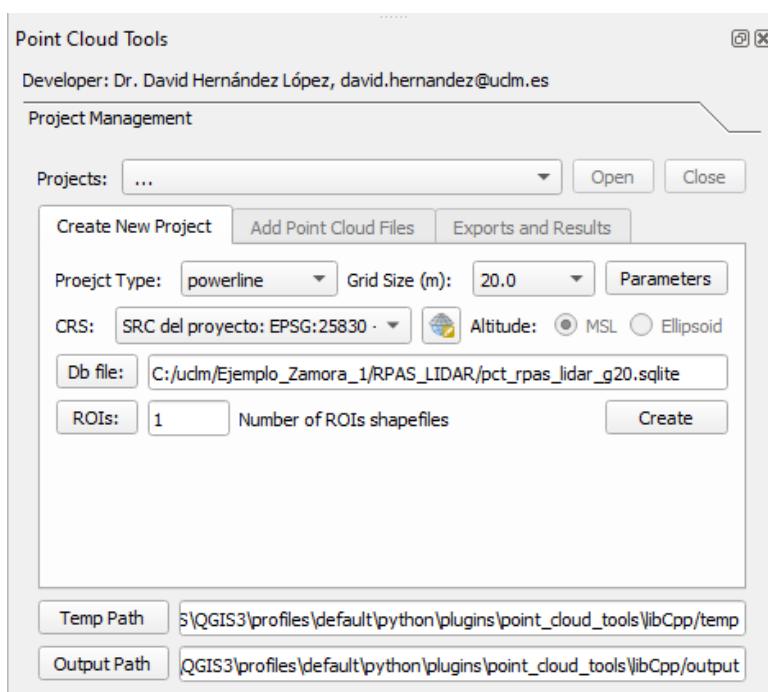
C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\Definicion\_LAT\ROI.shp

- Ruta temporal para resultados de procesos, que debe elegirse con la precaución de que tenga el suficiente espacio, al menos 1 GByte. Por defecto, esta ruta está establecida a una carpeta del propio complemento:

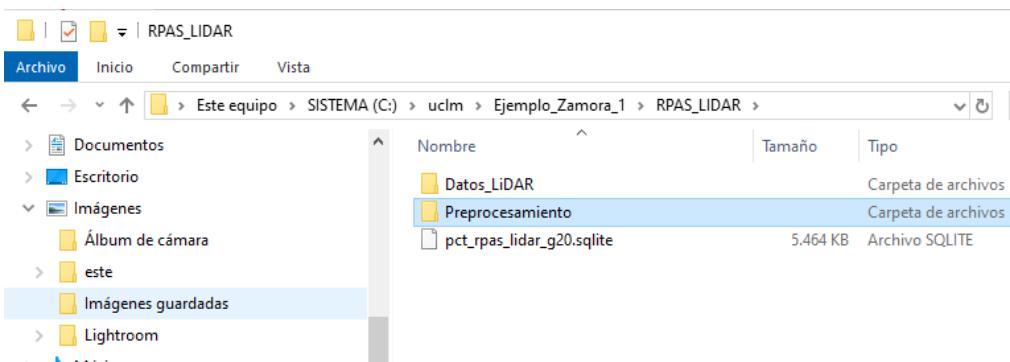
C:\Users\PCRPAS03\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\point\_cloud\_tools\libCpp\temp

- Ruta para los ficheros de resultados de algunos procesos, que serán comentados posteriormente. Por defecto, esta ruta está establecida a una carpeta del propio complemento:

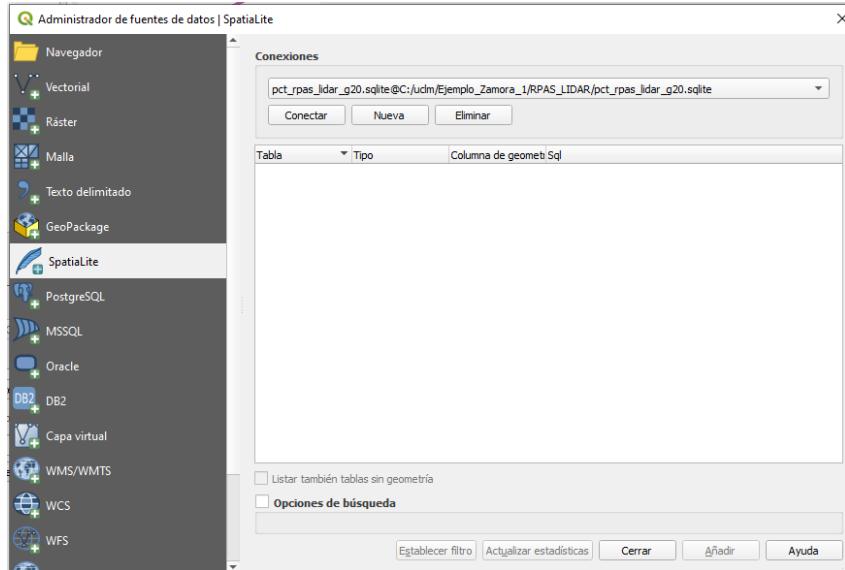
C:\Users\PCRPAS03\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\point\_cloud\_tools\libCpp\output



Tras pulsar en el botón *Create*, se habrá creado el fichero de la base de datos, a partir de una plantilla.



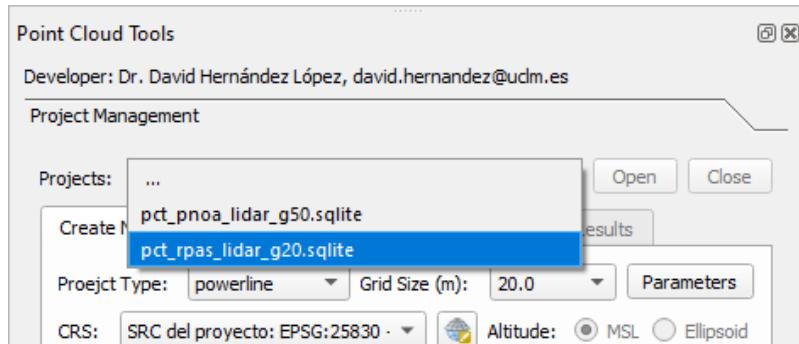
En el proceso de creación del proyecto, además del propio fichero de la base de datos, también se crea automáticamente una conexión a base de datos de tipo Spatialite,



La base de datos puede ser consultada y empleada como cualquier base de datos espacial con las herramientas estándar de QGis, menú Base de datos -> Administrador de bases de datos ..., o botón .

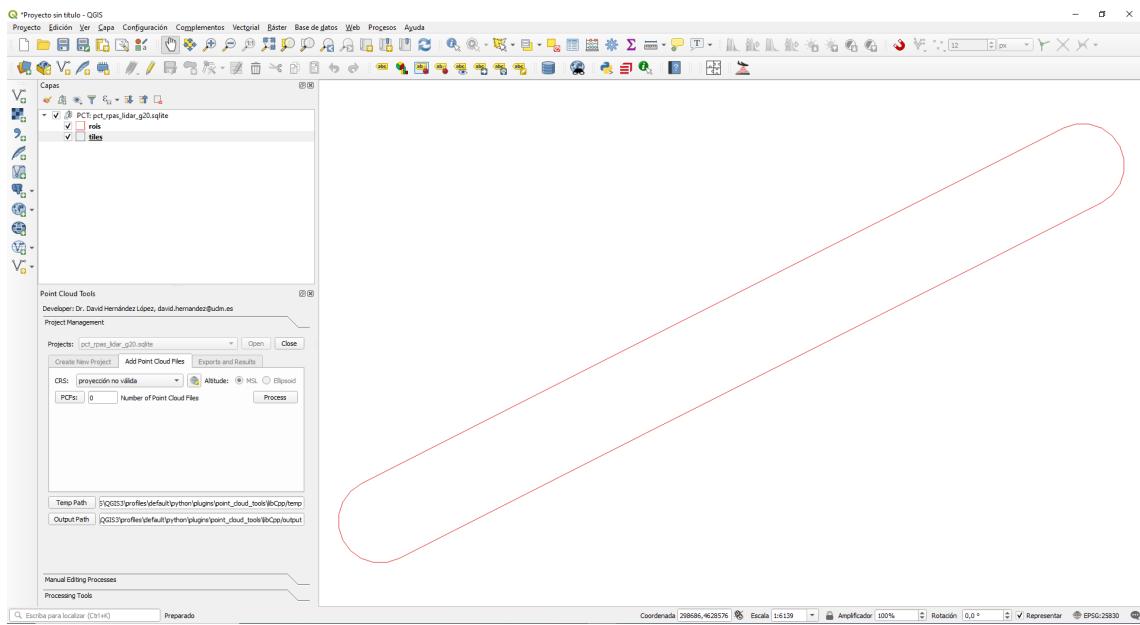
#### 4.1.5. Inserción de los puntos en el proyecto

Aunque en el paso anterior se ha creado el proyecto, no ha sido abierto, de manera que lo primero es proceder a su apertura seleccionándolo de la lista de proyectos disponibles y pulsando en el botón *Open*, que se habilita cuando hay algún proyecto seleccionado.



Una vez abierto el proyecto, se deshabilita el botón *Open* y se habilita el botón *Close*. La apertura y cierre de diferentes proyectos en la misma ejecución de QGis no está lo suficientemente testeada por lo que se puede provocar algún error que se resolvería sin más que cerrar y volver a abrir QGis.

Tras abrir el proyecto, automáticamente se habilita el botón de cerrado, *Close*, y automáticamente se cargan algunas capas en el proyecto activo de QGis (a veces es necesario hacer un pequeño movimiento en el *Map Canvas*)



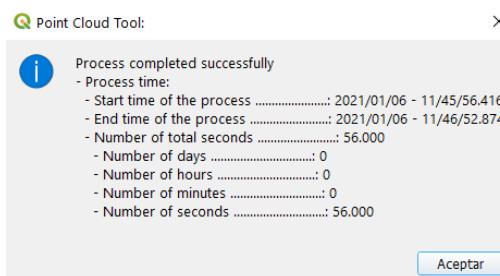
Adviértase que en este momento todavía no hay puntos cargados al proyecto por lo que únicamente tendrá contenido la capa rois.

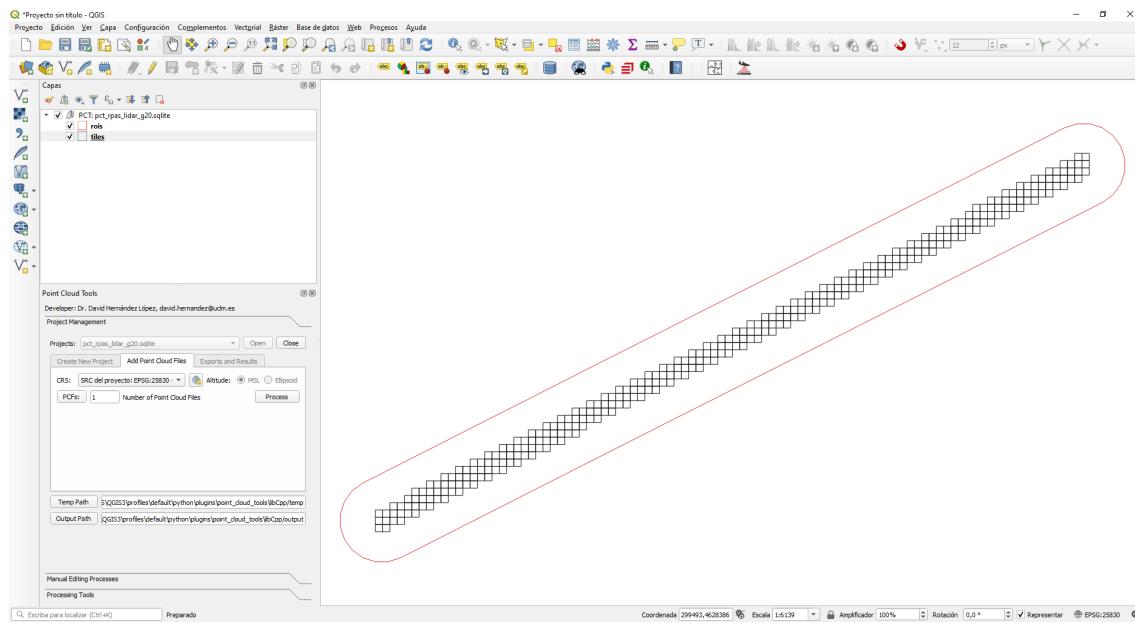
Al abrir el proyecto también se activa la pestaña *Add Point Cloud Files* que se usa para añadir al proyecto los ficheros de nubes de puntos, para lo que basta con elegir el CRS al que vienen referidos (no se lee del propio fichero debido a que no hay un estándar que sigan todos los softwares de creación y edición de LAS/LAS) y los propios ficheros a añadir, pulsando en el botón *PCFs*. En nuestro caso el CRS es EPSG:25830 y se elige el fichero resultante del proceso *Powerline Preprocessing*:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\PNOA\_LiDAR\Preprocesamiento\zamora\_rpas\_lidar\_msl.laz

Nota.- Se debe elegir el fichero con altitudes ortométricas.

Tras pulsar en el botón *Process* se lanza la ejecución de un proceso cuya duración variará en función del volumen de información a procesar. En este ejemplo, dado el tamaño tan pequeño del fichero LAZ, el proceso es inmediato. Tras cerrar el diálogo de confirmación de éxito, se actualiza automáticamente el contenido de la capa tiles y se pueden observar los tiles para los que existen puntos.



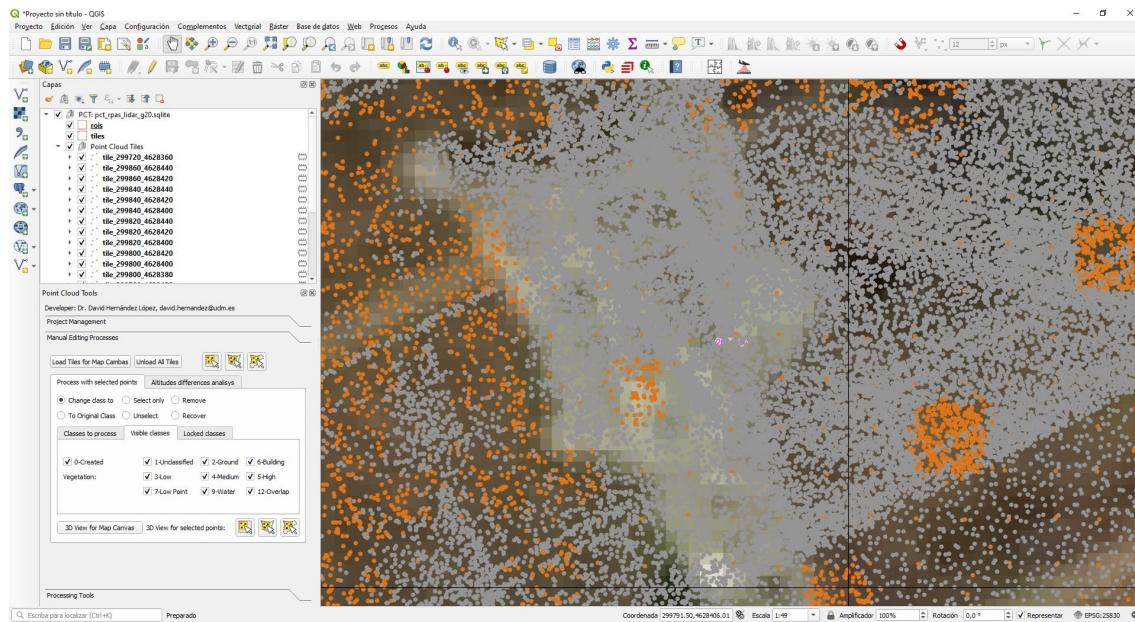


Para que la base de datos tenga un tamaño contenido y permita un movimiento ágil, no se carga en la base de datos la geometría de cada punto, sus coordenadas, sino una referencia a su posición en el fichero LAZ correspondiente, además de una serie de atributos de interés para la edición y gestión del proyecto. Esto es muy importante porque exige que NO SE PUEDAN CAMBIAR DE RUTA LOS FICHEROS LAS/LAZ AÑADIDOS AL PROYECTO, ya que de otra forma se provocaría un fallo del programa. Esto obliga a realizar un análisis previo para elegir correctamente las rutas que han de persistir durante todo el trabajo.

Se puede consultar la estructura de la base de datos, de forma similar al caso de PNOA LIDAR.

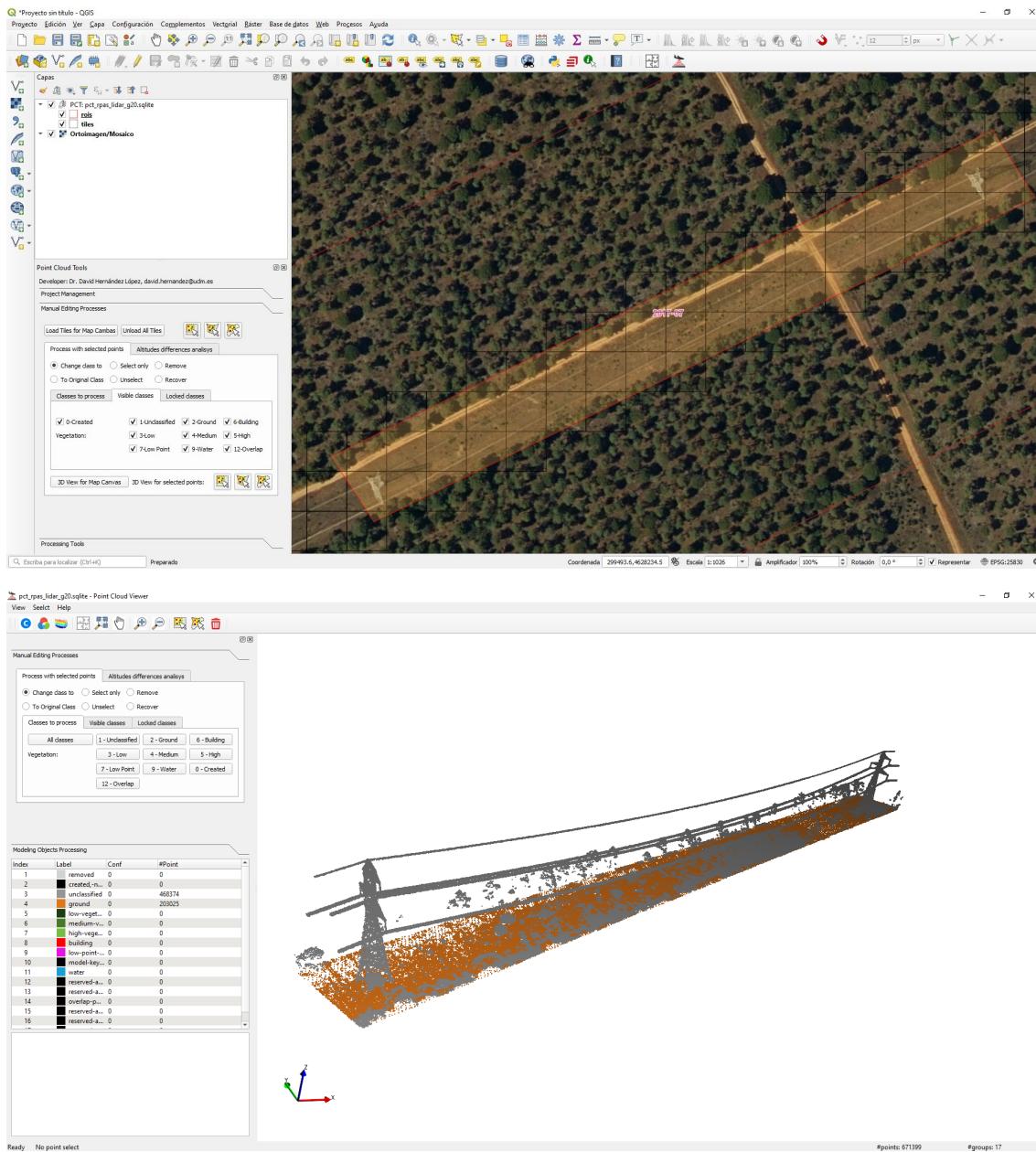
#### 4.1.6. Visualización de los puntos

Se puede proceder igual que como se ha descrito para el caso de PNOA LIDAR.



Ahora el valor de escala mínima recomendada para que visualicen las capas es 1/50 debido a la densidad de puntos.

De igual forma se puede usar el visor 3D, apreciándose la gran cantidad de puntos en los postes y en los grupos de cables.



Llegados a este punto, el proyecto de nube de puntos ya está preparado para ser empleado en el proyecto de gestión de modelos, tal y como será descrito en el apartado siguiente.

## 4.2. Proyecto de gestión de modelos

Se remite al caso del PNOA LIDAR para leer una breve introducción a este complemento, accesible desde el icono:

### 4.2.1. Creación del proyecto de gestión de modelos

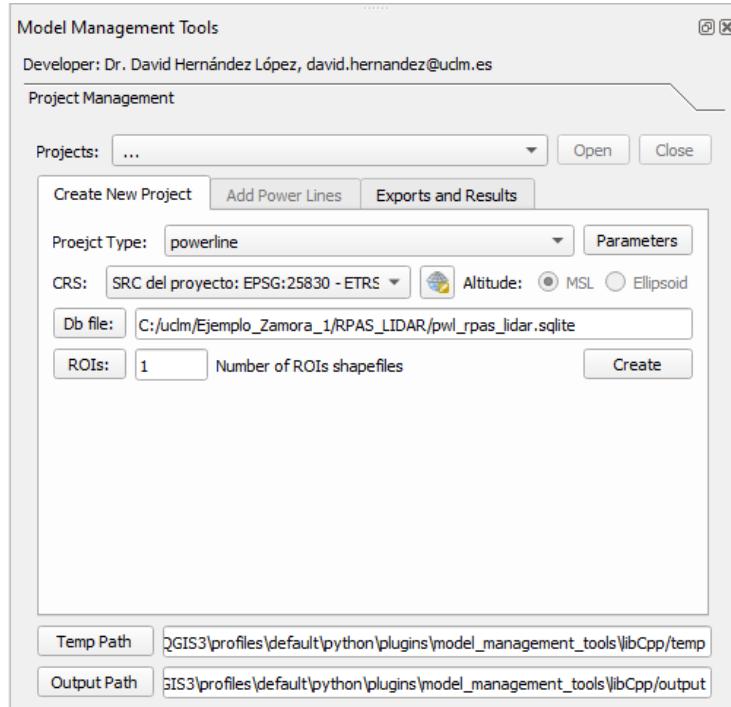
Para crear un proyecto de este complemento se sigue un procedimiento similar al caso del complemento de nubes de puntos: se elige el tipo de proyecto (*powerline*), los parámetros (autor y empresa), el CRS (25830 y altitudes ortométricas), fichero de la base de datos Spatialite, eligiendo:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\RPAS\_LiDAR\pwl\_rpas\_lidar.sqlite

fichero Shapefile con la definición del área de interés, eligiendo el mismo del proyecto de nube de puntos:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\Definicion\_LAT\ROI.shp

y las rutas temporales y de salida, que ahora por defecto se establecen a carpetas dentro de este complemento.



#### 4.2.2. Definición de la RED LATs

Tras crear el proyecto, el programa también ha creado automáticamente una conexión a la base de datos Spatialite. Para abrir el proyecto basta con elegir la conexión en la lista *Projects* y, a continuación, pulsar en el botón *Open*, que se habilita cuando en la lista de selección hay un proyecto seleccionado y todavía no se ha abierto.



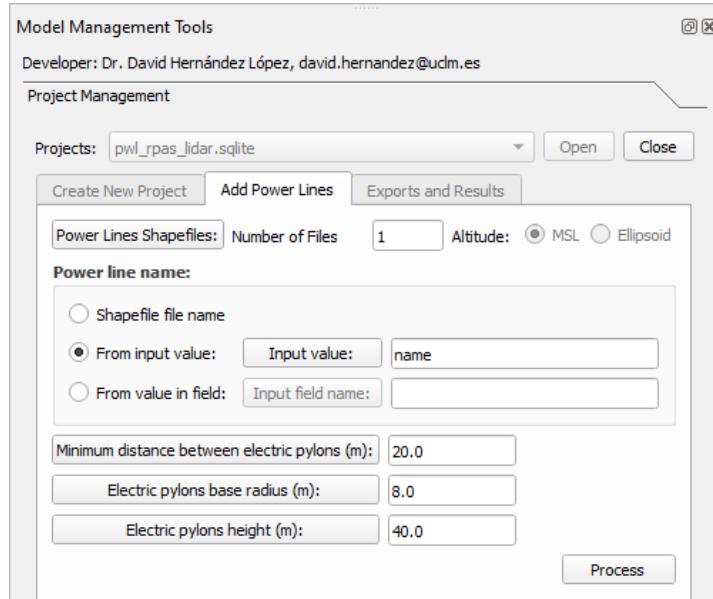
Una vez abierto el proyecto, se deshabilita el botón *Open* y se habilita el botón *Close*. La apertura y cierre de diferentes proyectos en la misma ejecución de QGis no está lo suficientemente testeada por lo que se puede provocar algún error que se resolvería sin más que cerrar y volver a abrir QGis.

Tras abrir el proyecto se añade un grupo de capas a QGis incluyendo la ROI y dos capas que todavía carecen de información: la de postes (*pylons*) y la de conexiones entre postes (*pylons connections*). También se habilita la pestaña *Add Power Lines*, que permite añadir la definición

de la RED LATs a partir del fichero shapefile de tipo LINESTRING que se explicó anteriormente, fichero:

C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\Definicion\_LAT\RED\_LATs.shp

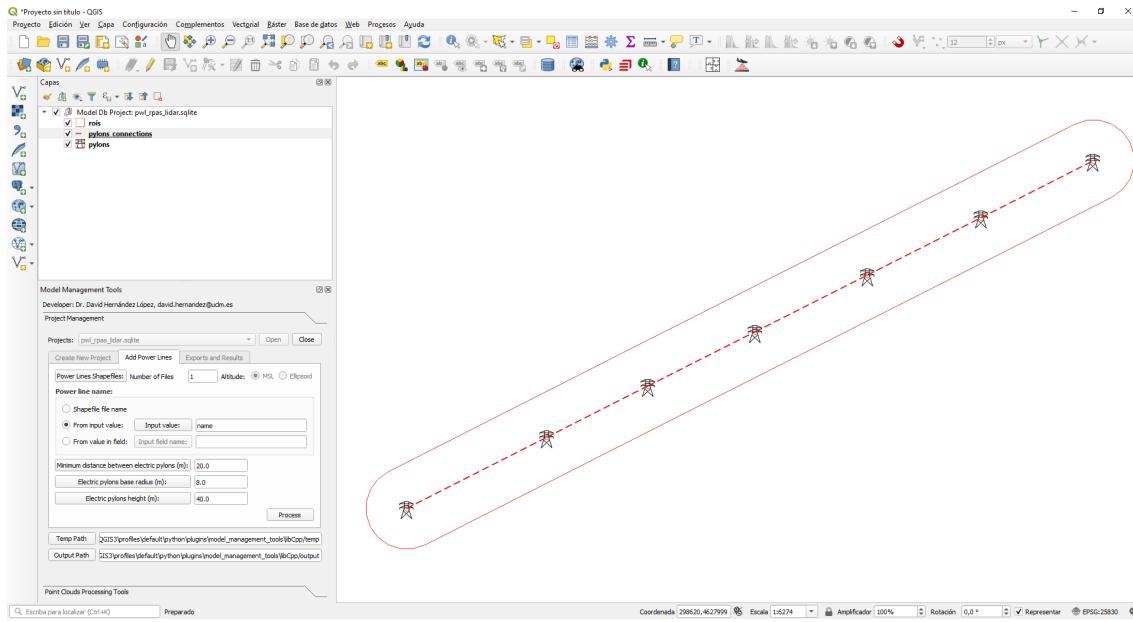
En la siguiente captura se muestran los valores a introducir para este ejemplo.



La definición espacial 3D de cada poste será un cilindro con base circular con centro en el vértice introducido por el usuario en el shapefile de cadenas de líneas y cuyo radio será el valor elegido, 8.0 m en este ejemplo, y la altura introducida, 40 m en este ejemplo. Se advertirá de postes que se encuentren a una distancia inferior al umbral establecido, 20 m en este ejemplo. Para cada línea se pueden utilizar tres opciones para definir su denominación, habiéndose elegido el valor del campo *name* en este ejemplo.

Para lanzar la ejecución basta con pulsar en el botón *Process*, y después de cerrar el diálogo de información de éxito y mover ligeramente el Map Canvas, se actualizarán las capas con el resultado de la definición.

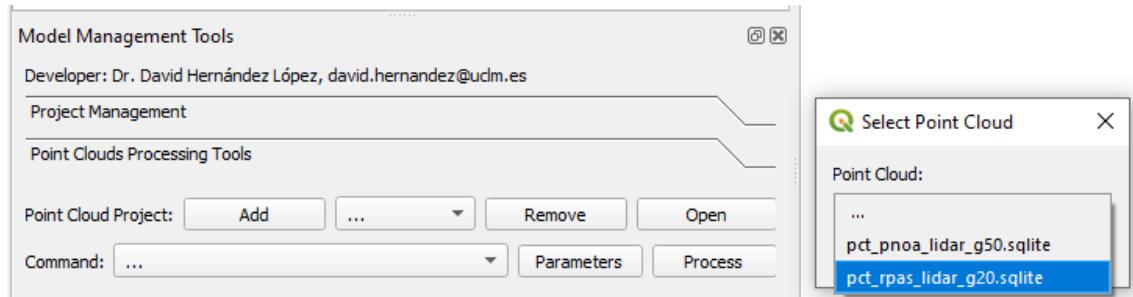
Este proceso se debe realizar una única vez, de manera que habrá que partir del shapefile con la definición completa de la RED LATs a procesar.



#### 4.2.3. Añadir un proyecto de nube de puntos

Los procesos que se realizarán hasta finalizar detectando las áreas de riesgo precisan de contar con una nube de puntos, a través de un proyecto del complemento de nubes de puntos.

En primer lugar, se debe seleccionar la pestaña *Point Cloud Processing Tools*, y, a continuación, se debe pulsar en el botón *Add*, desplegándose un diálogo donde se selecciona el proyecto creado anteriormente, quedando añadido una vez que se pulsa en el botón aceptar de este diálogo.



El resultado persiste en la base de datos de forma que este paso no hay que repetirlo para el mismo proyecto, salvo que se eliminara, para lo que basta con pulsar en el botón *Remove* teniendo seleccionado el proyecto en la lista de selección.

Desde este complemento se puede lanzar el complemento *Point Cloud Tools*, tras abrirlo, tal y como se explica en el caso de PNOA LIDAR.

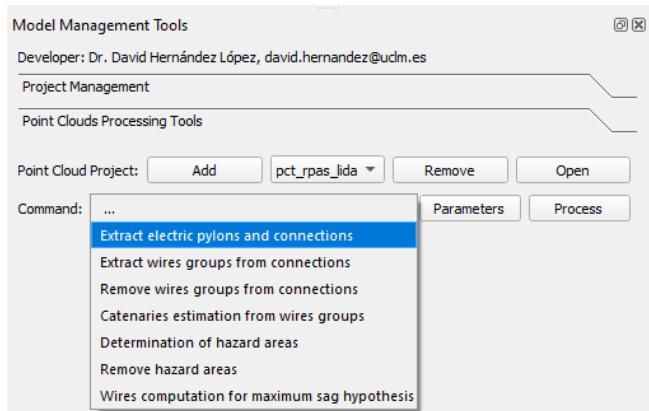
#### 4.2.4. Extracción de puntos de postes y conexiones entre postes

En este paso se asignan los puntos de un proyecto de nube de puntos a los postes y conexiones entre postes. Una conexión entre postes es un recinto cilíndrico tridimensional que conecta dos postes y en el que deberían estar incluidos todos los grupos de cables.

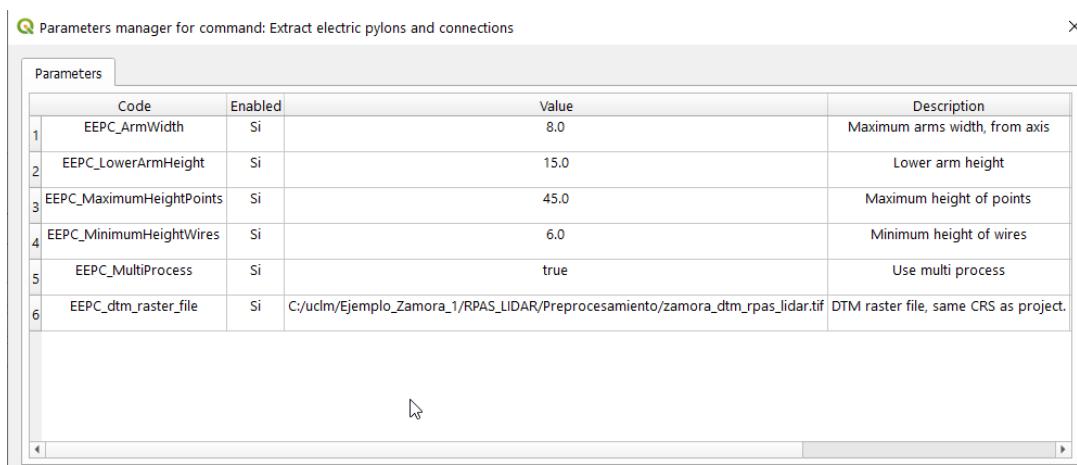
Nota.- A partir de este momento se van a realizar una serie de procesos para los que hay que elegir parámetros y puede ser interesante probar con diferentes valores. Aunque los resultados de algunos procesos se pueden revertir o eliminar con el propio complemento, puede ser buena

práctica hacer una copia de seguridad del fichero de la base de datos para machacar el resultante de un proceso. Esto es posible gracias a que el nivel de procesamiento, el estado en que se encuentra el flujo de procesamiento, persiste únicamente en la propia base de datos.

Estando abierto el proyecto del complemento *Model Management Tools*, activa la pestaña de *Point Cloud Processing Tools*, elegido el proyecto de nube de puntos, se debe seleccionar en la lista de comandos el correspondiente a este paso: *Extract Electric Pylons and Connections*

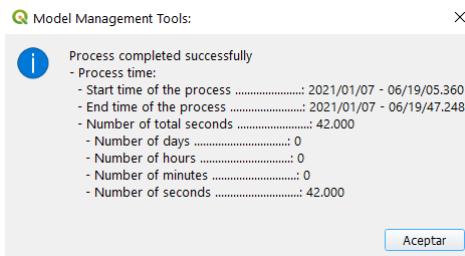


A continuación, se deben elegir los parámetros de procesamiento, pulsando en el botón *Parameters*:

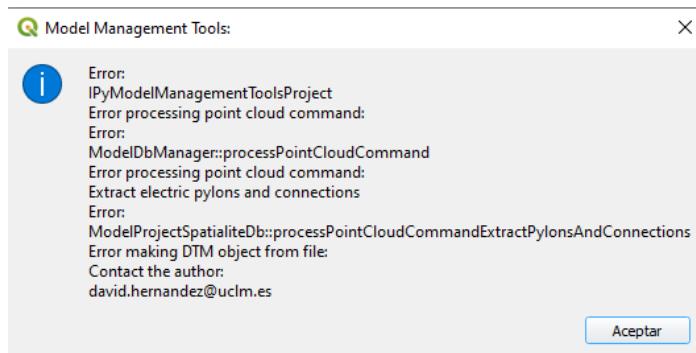


Junto a cada parámetro figura su descripción. Con los valores introducidos se han conseguido resultados correctos en el ejemplo procesado, tanto para el caso PNOA LIDAR como RPAS LIDAR, eligiendo correctamente el DTM en cada caso, que para este caso debe ser el creado a partir de la propia nube de puntos LIDAR.

Tras pulsar en el botón *Process* se inicia el cálculo que finaliza tras algo menos de un minuto, activando la opción de multiproceso. Nota.- Hay que esperar a que aparezca el diálogo de éxito en el proceso informando de la duración, pues la barra de progreso se cierra pero todavía faltan actualizaciones que hacer en la base de datos.



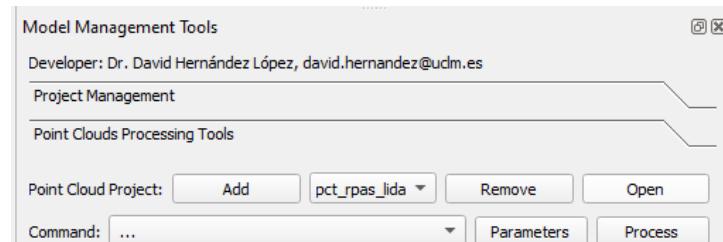
Si aparece un diálogo de error similar al siguiente puede ser porque el DTM no tiene asignado el CRS EPSG:25830.



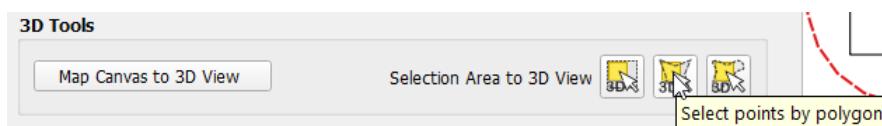
Para resolver esto hay que asignarle el CRS tal y como se explicó anteriormente.

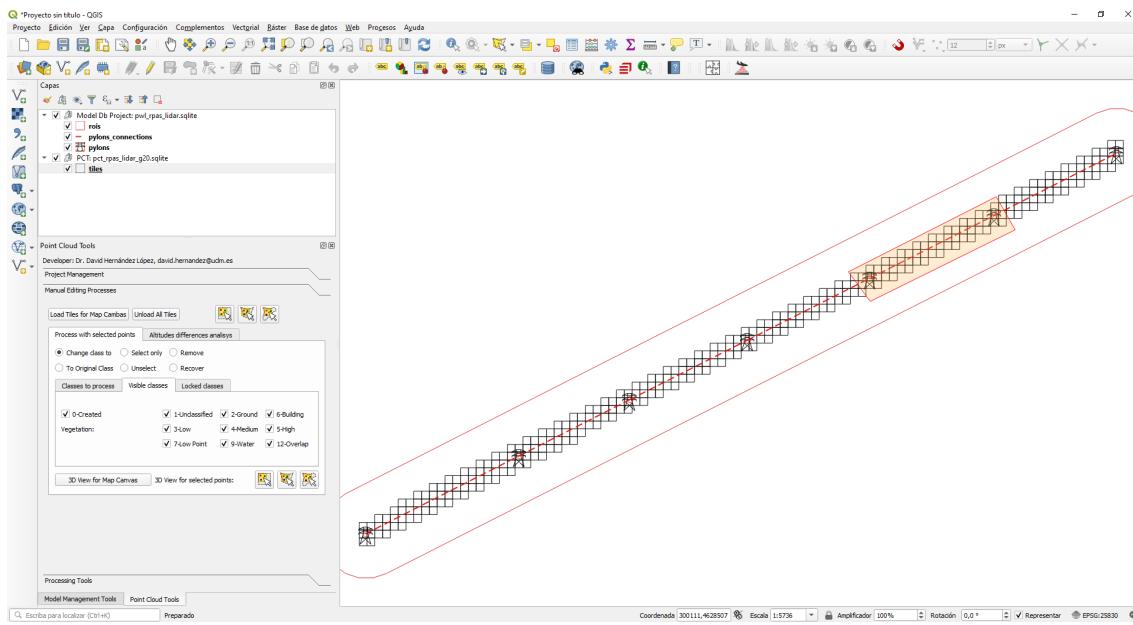
La base de datos se ha actualizado con los resultados del procesamiento.

Si ahora se despliega el visor 3D sobre una región seleccionada, se podrá visualizar los puntos asignados a cada objeto. Para esto se debe pulsar en el botón *Open* del proyecto de nube de puntos, si no se ha hecho previamente,

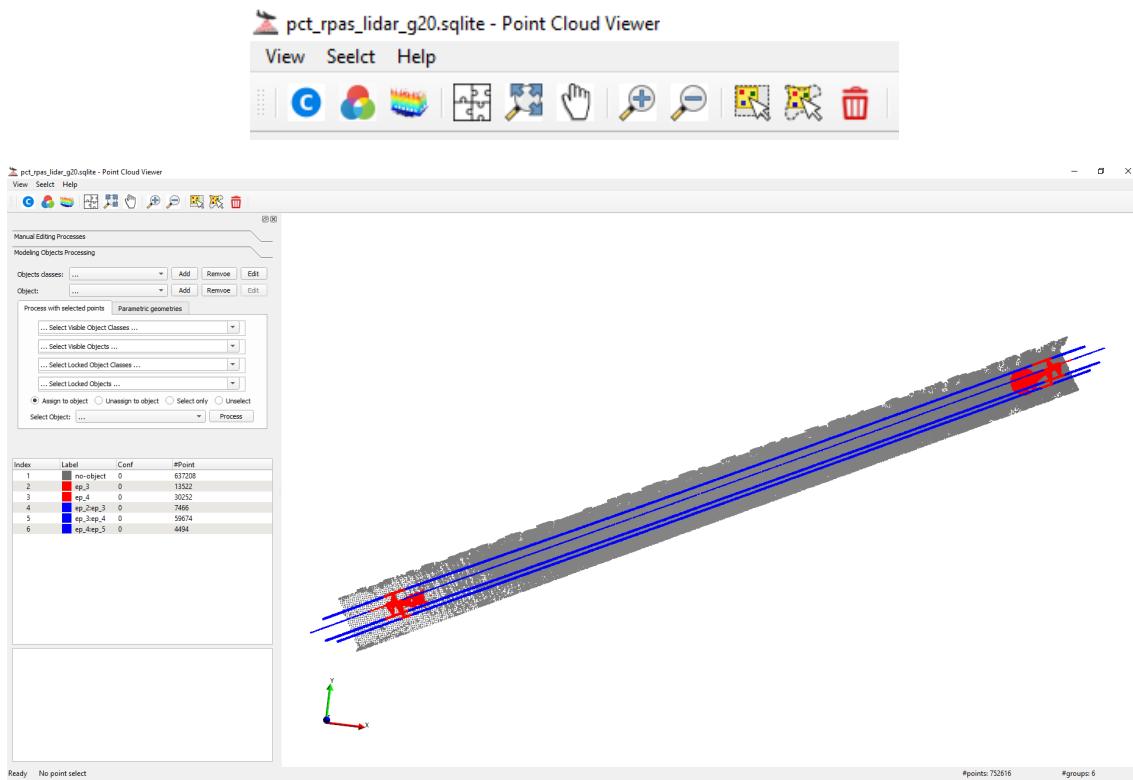


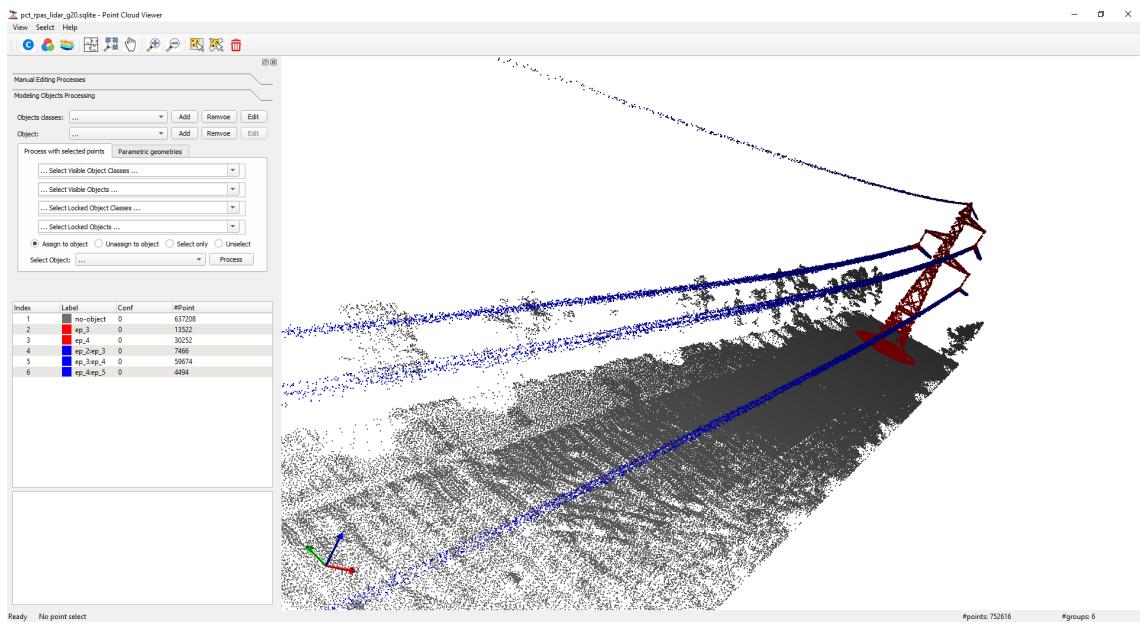
A continuación, en la pestaña del plugin *Point Cloud Tools* se debe seleccionar la pestaña *Manual Editing Process*, y elegir la herramienta de selección por polígono y dibujar la región en el *Map Canvas* de QGis:





En el visor 3D se comuta la visualización a clasificación por objetos, pulsando en el ícono igual del complemento de gestión de modelos de QGis, :





Se observan tres tipos de clases de objetos: puntos de postes, en rojo, puntos de conexión entre postes, en azul, y puntos no asignados a objetos, en gris. Con la interfaz se puede seleccionar las clases u objetos que se desea visualizar. También se puede cambiar la simbología de color de las clases seleccionándola en la lista Object Classes y pulsando en el botón Edit, no debiendo cambiar nada que no sea el color.

En este punto se puede apreciar la gran cantidad de puntos correspondientes a grupos de cables, una de las principales ventajas del uso de RPAS LIDAR en esta aplicación, lo que permite abordar la extracción de los grupos de cables a partir de los mismos, paso que no era posible en el caso de PNOA LIDAR.

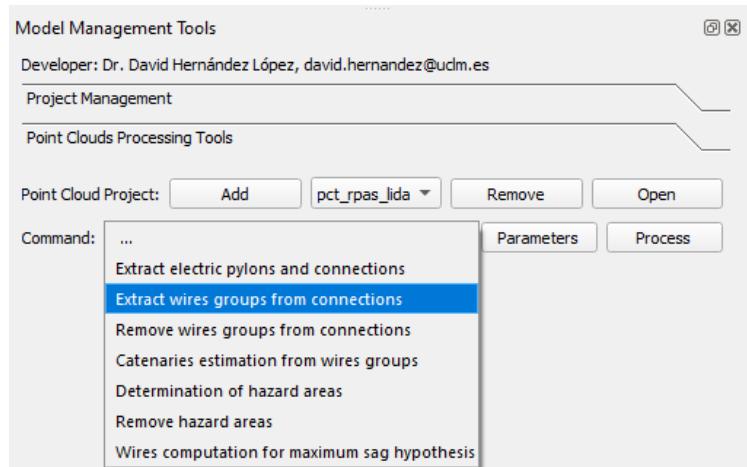
Es importante advertir que errores en la asignación de puntos en este paso puede provocar errores en los pasos sucesivos. A modo de ejemplo, en el proceso de desarrollo se cometió el error de asignar un valor insuficiente a la anchura del brazo, 7.5 m en lugar de 8 m, lo que dio lugar a que puntos de conexión entre cables se asignaran a la clase de puntos no clasificados, pasando a usarse en la detección de áreas de riesgo, provocando la aparición de áreas de riesgo erróneas. La incorrecta asignación se puede comprobar en el visor 3D jugando con la activación de la visibilidad de clases u objetos. Además, los puntos se pueden editar en el visor 3D para cambiarlos de objeto.

#### 4.2.5. Extracción de grupos de cables a partir de las conexiones

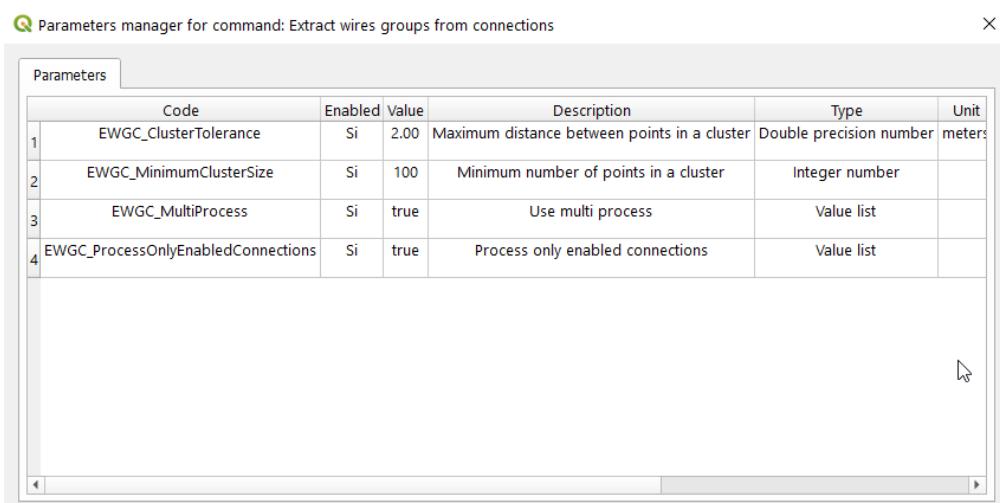
Si bien el ruido del equipo LIDAR embarcado en el RPAS hace inviable la extracción de cada uno de los cables, si es posible la extracción de los grupos de cables a partir de cada uno de los objetos de conexión entre cables obtenidos en el proceso anterior.

En este paso los puntos de una conexión entre cables pasan a asignarse a un nuevo tipo de clase, un grupo de cables, de manera que si entre dos postes existía un objeto conexión, tras este proceso se tendrán cuatro grupos de cables, en este ejemplo.

Estando abierto el proyecto del complemento *Model Management Tools*, activa la pestaña de *Point Cloud Processing Tools*, elegido el proyecto de nube de puntos, se debe seleccionar en la lista de comandos el correspondiente a este paso: *Extract Wires Groups from Connections*

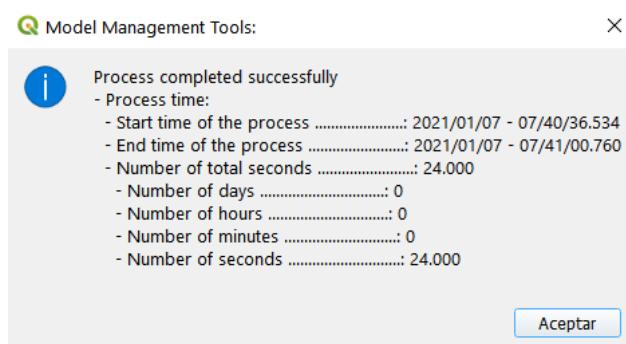


De nuevo, tras la selección del comando se deben establecer sus parámetros, que para este caso son:

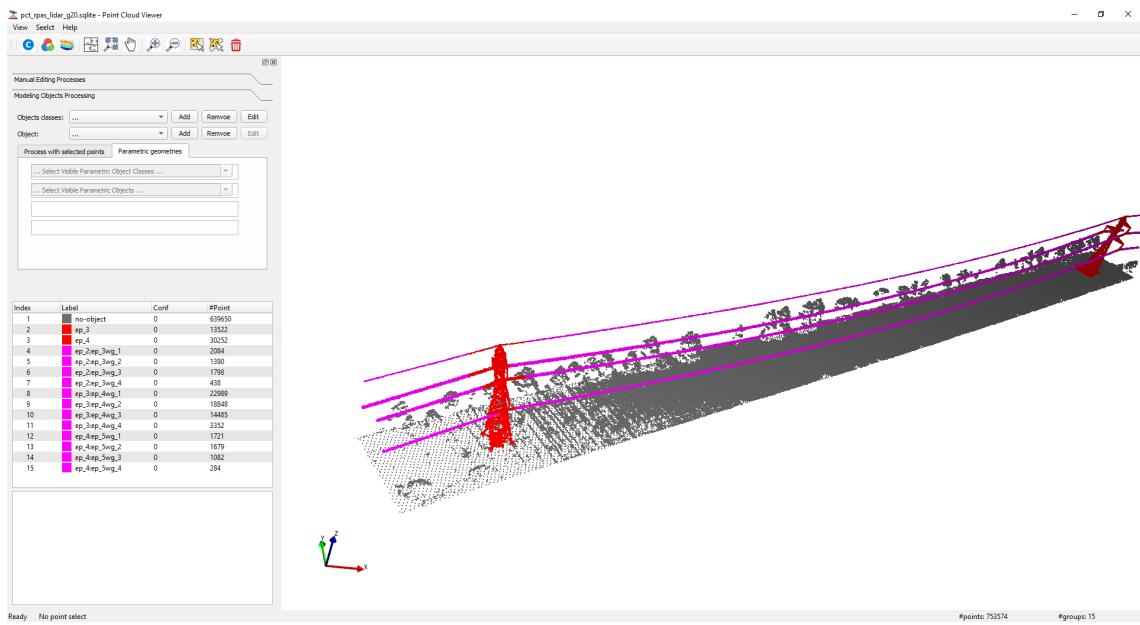


En algunos procesos es posible evitar que se procesen algunos objetos, como conexiones, para lo cual habría que deshabilitarlos, lo que de momento se debe hacer de forma manual cambiando el valor 1 por un valor 0 en el atributo *enabled* de la base de datos en la tabla correspondiente al objeto en cuestión. En este ejemplo se procesa con todos los objetos habilitados.

Tras lanzar y finalizar el proceso, los cambios persisten en la base de datos.



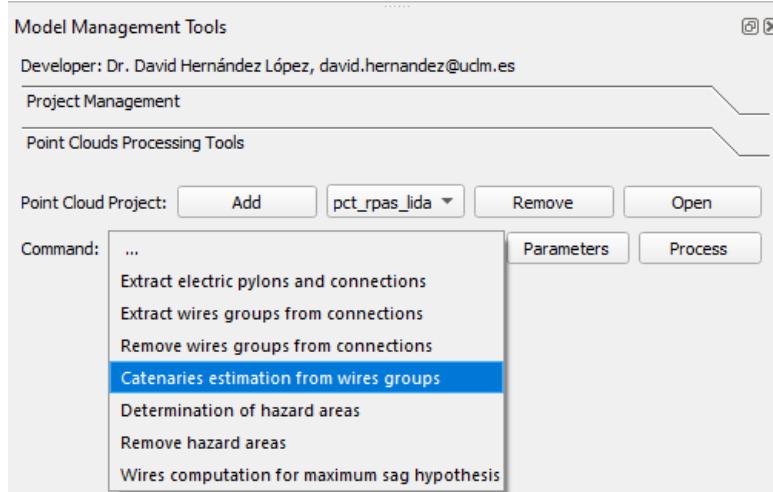
Desplegando de nuevo el visor 3D en la misma zona se puede apreciar la presencia de los objetos creados, de manera que ahora se tiene postes y grupos de cables.



#### 4.2.6. Cálculo de catenarias para cada grupo de cables

Este paso tampoco se pudo realizar en el caso PNOA LIDAR al no disponer de suficientes puntos de los que extraer la geometría de los cables. En este paso, para cada grupo de cables, empleando todos los puntos incluidos en su objeto, se estiman su geometría en planta y su geometría tridimensional como catenaria. Es necesario que se haya completado en paso anterior.

Estando abierto el proyecto del complemento *Model Management Tools*, activada la pestaña de *Point Cloud Processing Tools*, y elegido el proyecto de nube de puntos, se debe seleccionar en la lista de comandos el correspondiente a este paso: *Catenaries estimation from wires groups*.



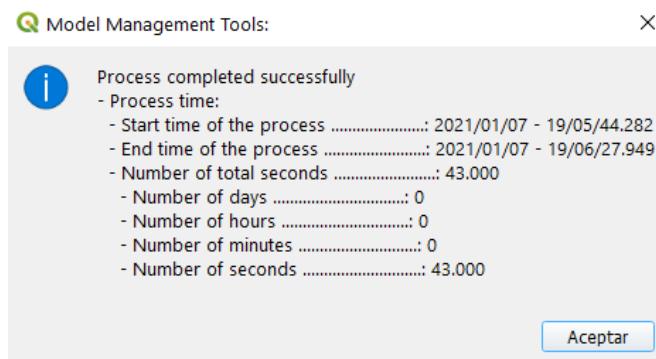
A continuación, se deben elegir los parámetros del comando, que en este caso son:

Parameters manager for command: Catenaries estimation from wires groups

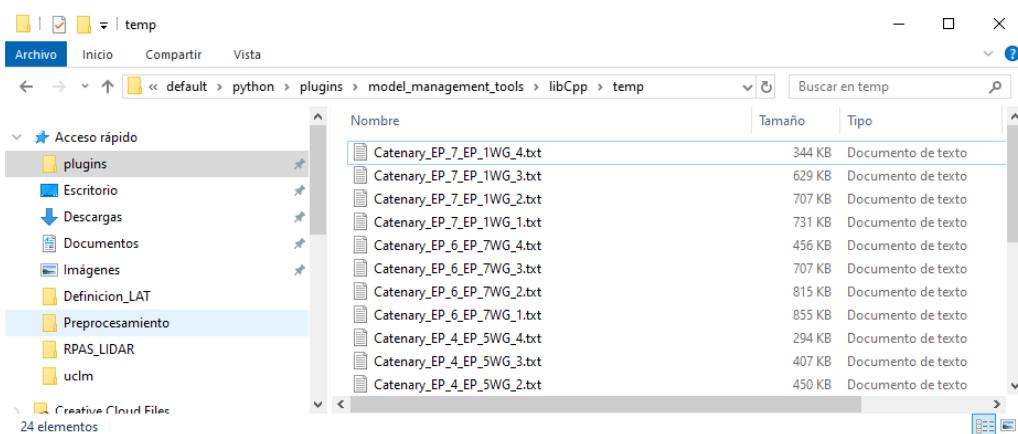
The dialog shows a table with the following columns: Code, Enabled, Value, and Description. The rows represent various parameters:

	Code	Enabled	Value	Description
1	CEWG_DistanceBetweenPoints	Si	0.50	Distance between points in catenary
2	CEWG_LinearThresholdConvergenceLeastSquaresAdjustments	Si	0.10	Linear threshold for converge in least squares
3	CEWG_LinearTolerancePointsEstimation	Si	0.40	Linear tolerance in point cloud profile points estimation
4	CEWG_MaximumNumberOfIterationsInLeastSquaresAdjustments	Si	10	Maximum number of iterations in least squares
5	CEWG_MinimumNumberOfInliersPointsInProfilePointsEstimation	Si	2	Minimum number of inliers points in a profile in points estimation
6	CEWG_MinimumNumberOfPointsInProfilePointsEstimation	Si	2	Minimum number of points in a profile in points estimation
7	CEWG_MultiProcess	Si	true	Use multi process
8	CEWG_NumberOfExtremePointsCatenaryEstimation	Si	5	Number of points in extremes and center for combination
9	CEWG_ProcessOnlyEnabledWiresGroups	Si	true	Process only enabled wires groups

Finalizado el proceso se despliega un diálogo informando del éxito y del tiempo de proceso, que en este ejemplo no alcanza un minuto con multiproceso.



En la carpeta de salida, si se ha establecido, o en la temporal se habrán creado 24 ficheros, 4 grupos de cables por seis conexiones, donde se informa del proceso para cada grupo de cables, incluyendo información que permite detectar posibles errores.



```

C:\Users\PCRPAS03\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\model_management_tools\libCpp\temp\Catenary_EP_7_EP_1WG_4.txt - Notepad++
Archivo Editar Buscar Vista Codificación Lenguaje Configuración Herramientas Macro Ejecutar Plugins Ventana ?
temp.bat ElectricPylons_old.qml ElectricPylons.qml Catenary_EP_7_EP_1WG_4.txt

1 Catenary estimation report
2 - Project file .....: C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/RPAS_LIDAR/pwl_rpas_lidar.sqlite
3 - Wires group .....: EP_7_EP_1WG_4
4 - Processing parameters:
5   - Distance between points ....: 0.500
6   - Linear tolerance .....: 0.400
7   - Linear threshold LS.....: 0.100
8   - Minimum points in profile ..: 2
9   - Minimum inliers in profile : 2
10  - Maximum iterations .....: 10
11 - Step 1: 2D line estimation
12   - Number of points .....: 10743
13     Parameter m      Parameter n      Std    Outliers
14     | 0.506971       0.013       0.057      39
15   - WKT: LINESTRING(299217.6160 4628115.6246,299487.4770 4628252.4363)
16 - Step 2: 2D line estimation
17   Point H.Mean Std Outliers Inliers Minimum Maximum Difference Values
18     0 807.893 0.067      0 10 807.730 807.980 0.250 807.893 807.893 807.893
19     1 807.823 0.113      0 17 807.613 807.947 0.334 807.823 807.823 807.823
20     2 807.663 0.132      0 24 807.615 807.925 0.310 807.663 807.663 807.663
21     3 807.832 0.101      0 18 807.601 807.859 0.258 807.832 807.832 807.832
22     4 807.746 0.121      0 21 807.519 807.852 0.333 807.746 807.746 807.746
23     5 807.586 0.136      0 20 807.484 807.821 0.337 807.586 807.586 807.586
24     6 807.666 0.109      0 21 807.459 807.770 0.311 807.666 807.666 807.666
25     7 807.639 0.107      0 21 807.429 807.728 0.299 807.639 807.639 807.639
26     8 807.665 0.167      0 21 807.357 807.665 0.308 807.665 807.665 807.665
27     9 807.621 0.142      0 19 807.348 807.666 0.318 807.621 807.621 807.621
28    10 807.581 0.126      0 23 807.346 807.610 0.264 807.581 807.581 807.581
29    11 807.503 0.104      0 22 807.306 807.597 0.291 807.503 807.503 807.503

C:\Users\PCRPAS03\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\model_management_tools\libCpp\temp\Catenary_EP_7_EP_1WG_4.txt - Notepad++
Archivo Editar Buscar Vista Codificación Lenguaje Configuración Herramientas Macro Ejecutar Plugins Ventana ?
temp.bat ElectricPylons_old.qml ElectricPylons.qml Catenary_EP_7_EP_1WG_4.txt

622 604 810.034 0.169 0 24 810.005 810.324 0.319 810.034 810.
623 605 810.242 0.086 0 7 810.115 810.264 0.149 810.242 810.
624 - Step 3: catenary estimation
625   Catenary Std Max.Error Length.2d S.Initial S.Computed Max.Sag Distance
626     0 0.087 -0.289 302.500 302.838 302.838 6.111 151.300
627     1 0.145 0.346 302.000 302.336 302.336 6.103 151.000
628     2 0.086 -0.294 301.500 301.834 301.834 6.068 150.800
629     3 0.088 -0.296 301.000 301.332 301.332 6.048 150.500
630     4 0.087 -0.295 300.500 300.830 300.830 6.027 150.300
631     5 0.086 -0.269 302.000 302.334 302.334 6.061 151.000
632     6 0.139 0.334 301.500 301.832 301.832 6.053 150.800
633     7 0.087 -0.287 301.000 301.330 301.330 6.020 150.500
634     8 0.090 -0.304 300.500 300.828 300.828 5.998 150.300
635     9 0.089 -0.298 300.000 300.326 300.326 5.978 150.000
636    10 0.100 -0.285 301.500 301.822 301.822 5.935 150.800
637    11 0.130 0.294 301.000 301.321 301.321 5.928 150.500
638    12 0.106 -0.319 300.500 300.819 300.819 5.894 150.300
639    13 0.111 -0.335 300.000 300.317 300.317 5.872 150.000
640    14 0.110 -0.330 299.500 299.815 299.815 5.851 149.800
641    15 0.091 -0.319 301.000 301.338 301.338 6.091 150.500
642    16 0.154 0.361 300.500 300.836 300.836 6.083 150.300
643    17 0.088 -0.323 300.000 300.334 300.334 6.050 150.000
644    18 0.088 -0.325 299.500 299.832 299.832 6.028 149.800
645    19 0.088 -0.325 299.000 299.330 299.330 6.008 149.500
646    20 0.087 -0.288 300.500 300.833 300.833 6.027 150.300
647    21 0.145 0.345 300.000 300.331 300.331 6.021 150.000
648    22 0.086 -0.292 299.500 299.829 299.829 5.987 149.800
649    23 0.088 -0.296 299.000 299.327 299.327 5.965 149.500
650    24 0.087 -0.294 298.500 298.825 298.825 5.945 149.300
651   Point Altitude Diff.Cat-0 Diff.Cat-1 Diff.Cat-2 Diff.Cat-3 Diff.Cat-4 Diff.Cat-5 D
652     0 807.893 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 ----
653     1 807.823 -0.034 -0.033 -0.034 -0.034 -0.034 -0.034 0.000
654     2 807.663 -0.157 -0.156 -0.157 -0.157 -0.157 -0.157 -0.124

```

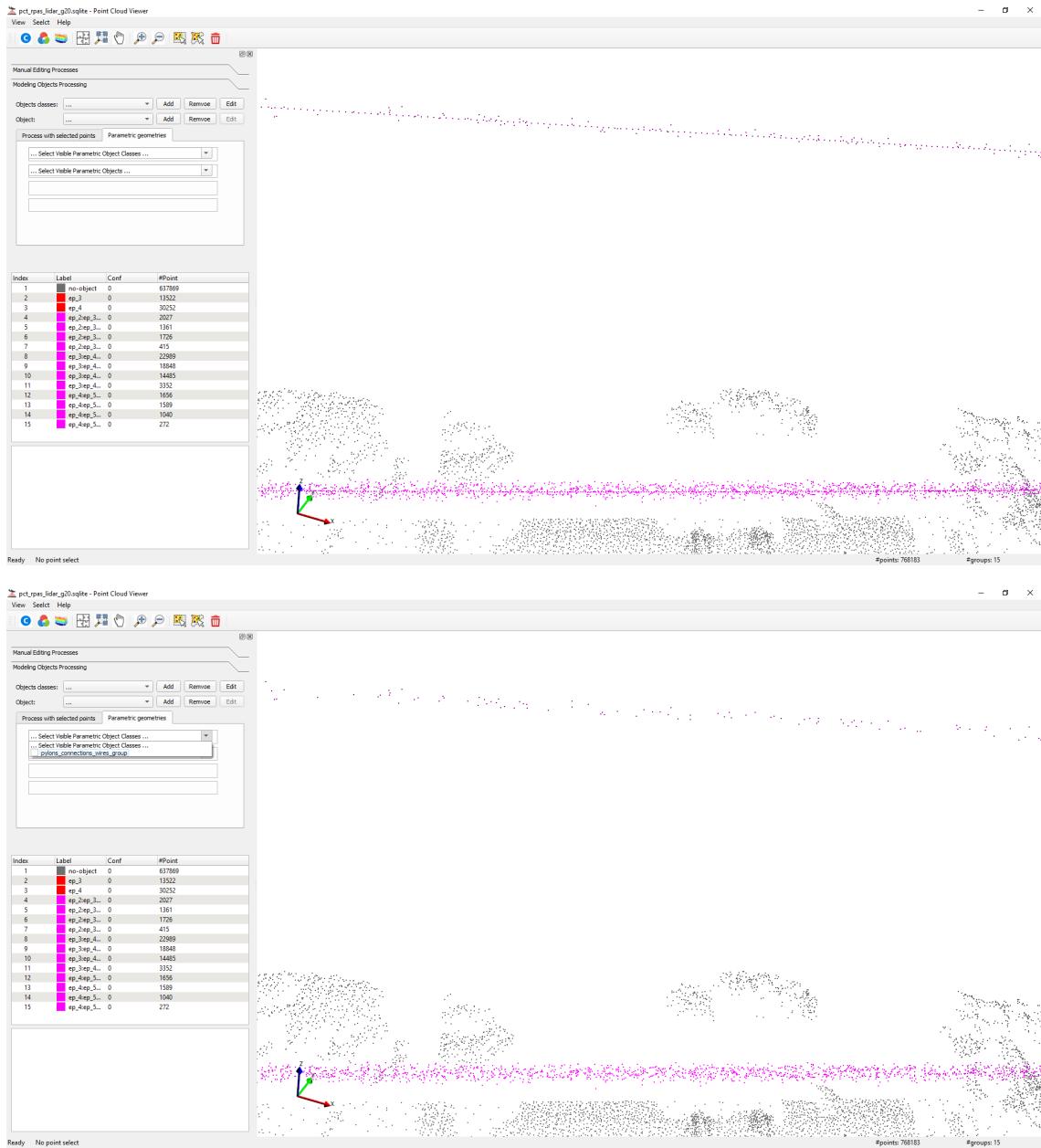
C:\Users\PCRPAS03\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\model\_management\_tools\libCpp\temp\Catenary\_EP\_7\_EP\_1WG\_4.txt - Notepad++

Archivo Editar Buscar Vista Codificación Lenguaje Configuración Herramientas Macro Ejecutar Plugins Ventana ?

temp.bat ElectricPylons\_old.qml ElectricPylons.qml Catenary\_EP\_7\_EP\_1WG\_4.txt

1224	572	808.964	0.112	0.269	0.074	0.057	0.062
1225	573	808.957	0.065	0.222	0.027	0.010	0.015
1226	574	808.926	-0.006	0.151	-0.044	-0.062	-0.056
1227	575	808.738	-0.235	-0.077	-0.273	-0.290	-0.284
1228	576	809.106	0.093	0.251	0.055	0.038	0.043
1229	577	809.099	0.045	0.204	0.007	-0.010	-0.004
1230	578	809.124	0.030	0.188	-0.008	-0.026	-0.020
1231	579	809.213	0.078	0.237	0.040	0.023	0.028
1232	580	809.032	-0.144	0.015	-0.182	-0.199	-0.194
1233	581	809.244	0.027	0.186	-0.011	-0.029	-0.023
1234	582	809.345	0.087	0.246	0.049	0.031	0.037
1235	583	809.341	0.042	0.201	0.003	-0.014	-0.008
1236	584	809.449	0.108	0.268	0.070	0.052	0.058
1237	585	809.197	-0.185	-0.025	-0.224	-0.241	-0.236
1238	586	809.525	0.101	0.261	0.062	0.045	0.051
1239	587	809.411	-0.055	0.105	-0.094	-0.111	-0.105
1240	588	809.605	0.097	0.258	0.058	0.041	0.047
1241	589	809.606	0.056	0.217	0.017	-0.000	0.006
1242	590	809.703	0.111	0.272	0.072	0.054	0.060
1243	591	809.668	0.033	0.195	-0.006	-0.023	-0.017
1244	592	809.797	0.120	0.281	0.081	0.063	0.069
1245	593	809.760	0.040	0.202	0.001	-0.016	-0.011
1246	594	809.794	0.031	0.193	-0.008	-0.025	-0.019
1247	595	809.877	0.072	0.233	0.032	0.015	0.021
1248	596	809.908	0.059	0.222	0.020	0.003	0.009
1249	597	810.024	0.132	0.295	0.093	0.075	0.081
1250	598	809.848	-0.087	0.076	-0.126	-0.144	-0.138
1251	599	810.075	0.097	0.259	0.057	0.039	0.045
1252	600	810.049	0.027	0.190	-0.012	-0.030	-0.024
1253	601	810.117	0.051	0.214	0.012	-0.006	-0.000
1254	602	810.167	0.057	0.221	0.018	0.000	----
1255	603	810.193	0.039	0.203	-0.000	----	----
1256	604	810.034	-0.164	-0.000	----	----	----
1257	605	810.242	0.000	----	----	----	----
1258	- Minimum altitude .....: 802.714						
1259	Distance to origin .....: 143.000						
1260	Sag from wire points .....: 6.298						
1261	Distance to origin .....: 147.500						
1262							

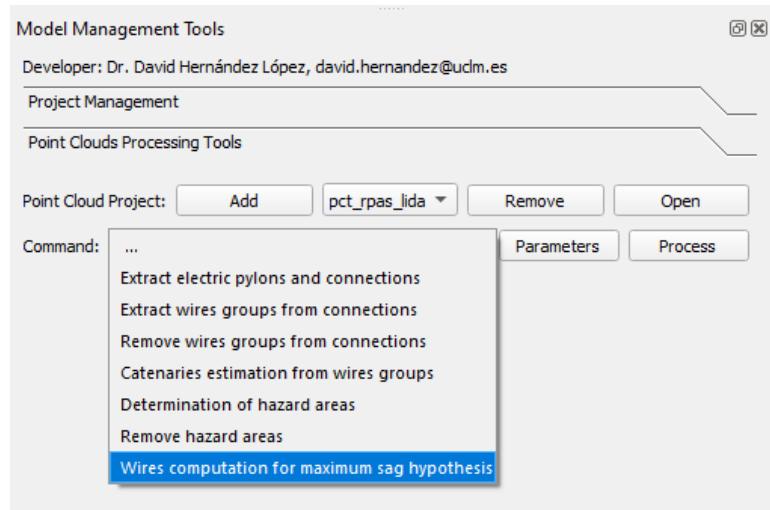
Otra forma de comprobar la calidad de los resultados es a través del visor 3D, ya que además de los puntos reales medidos por el LIDAR embarcado en el RPAS, ahora se incluyen los puntos de la geometría paramétrica, de la catenaria ajustada a los puntos medidos, cuya visualización se puede desactivar o activar, para mayor claridad.



#### 4.2.7. Cálculo de catenarias de los grupos de cables aplicando hipótesis de máxima flecha

Este paso también se realizó en el ejemplo PNOA LIDAR, si bien no se disponía de una estimación real de la geometría del cable y la reconstrucción se hizo teniendo en cuenta el MDT, la consideración de una altura mínima de las catenarias de 10 m y unos parámetros introducidos por el usuario. En este caso, este cálculo se realiza para cada grupo de cables considerando como puntos extremos de amarre los obtenidos como catenaria estimada por los puntos en el paso anterior. Es necesario que se haya completado en paso anterior.

Estando abierto el proyecto del complemento *Model Management Tools*, activa la pestaña de *Point Cloud Processing Tools*, elegido el proyecto de nube de puntos, se debe seleccionar en la lista de comandos el correspondiente a este paso: *Wires computation for maximum sag hypothesis*.



A continuación, se establecen los parámetros, teniendo la precaución de elegir el MDT correspondiente al caso RPAS LIDAR

Parameters manager for command: Wires computation for maximum sag hypothesis

	Code	Enabled	Value	Description
1	WCMSH_DistanceBetweenPointsInCatenary	Si	0.5	Distance between points in catenary.
2	WCMSH_MaximumStdThresholdCatenaryFromPoints	Si	0.40	Maximum standard deviation value in the catenary from points to be used as a wire geometry model
3	WCMSH_MaximumVerticalDistanceBetweenWires	Si	18.0	Maximum vertical distance between wires, for wires without geometry from points.
4	WCMSH_MinimumSafetyGroundDistance	Si	6.0	Minimum value for safety ground distance.
5	WCMSH_MultiProcess	Si	true	Use multi process
6	WCMSH_PowerlineVoltage	Si	400	Powerline voltage (kv)
7	WCMSH_ProcessOnlyEnabledConnections	Si	true	Process only enabled connections
8	WCMSH_ProcessOnlyEnabledWiresGroups	Si	true	Process only enabled wires groups
9	WCMSH_WireBreakingCoefficient	Si	3.0	Wire breaking coefficient
10	WCMSH_WireBreakingTension	Si	8456.0	Wire breaking tension (daN)
11	WCMSH_WireCoefficientLinearThermalExpansion	Si	0.000018900	Wire coefficient of linear thermal expansion (°C-1)
12	WCMSH_WireDiameter	Si	21.8	Wire diameter (mm)
13	WCMSH_WireElasticModulus	Si	7553.0	Wire elastic modulus (daN/mm²)
14	WCMSH_WireMaximumDistanceFromAxis	Si	8.0	Wire maximum distance from axis, for wires without geometry from points.
15	WCMSH_WireSection	Si	281.1	Wire section (mm²)
16	WCMSH_WireWeight	Si	0.977	Wire weight (daN/m)
17	WCMSH_dtm_raster_file	Si	C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/RPAS_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_dtm_rpas_lidar.tif	DTM raster file, same CRS as project.

Una vez finalizado el proceso, transcurridos algunos segundos, se habrán creado el mismo tipo de información en forma de ficheros de informe y en la base de datos que en el caso de PNOA LIDAR, advirtiéndose que ahora hay contenido para los dos tipos catenaria:

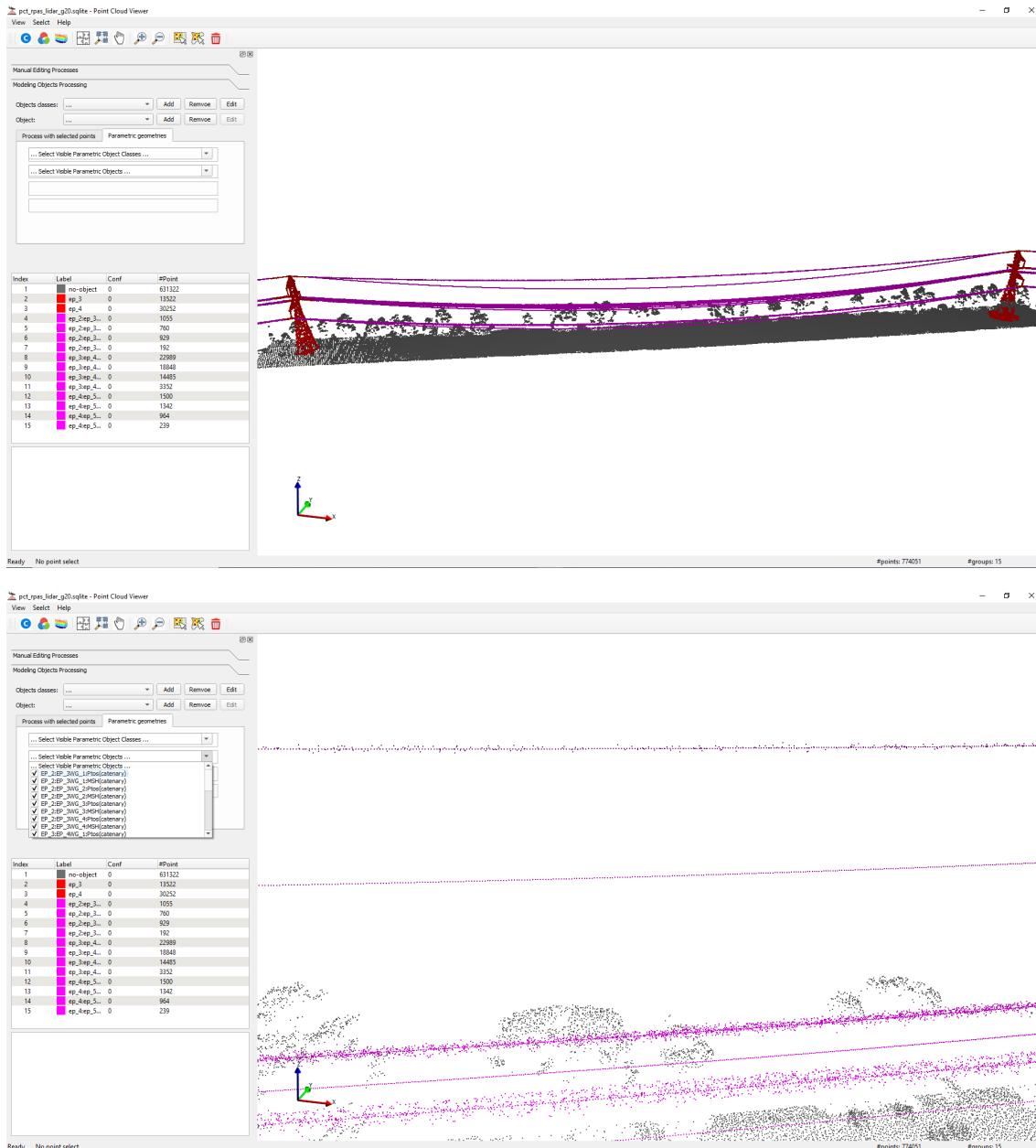
Administrador de BBDD

Base de datos Tabla Importar capa/archivo... Exportar a archivo...

Proveedores

	id	name	lons_connection	enabled	the_geom	catenary_msh	catenary	string_points
1	EP_1:EP_2WG_1	1	1	LINESTRING	299503.9306@p@46...	299503.9306@p@...	299502.5920@p...	
2	EP_1:EP_2WG_2	1	1	LINESTRING	299497.5526@p@46...	299497.5526@p@...	299496.2140@p...	
3	EP_1:EP_2WG_3	1	1	LINESTRING	299502.3126@p@46...	299502.3126@p@...	299500.9740@p...	
4	EP_1:EP_2WG_4	1	1	LINESTRING	299503.3098@p@46...	299503.3098@p@...	299501.5250@p...	
5	EP_2:EP_3WG_1	2	1	LINESTRING	299805.2249@p@46...	299805.2249@p@...	299803.4390@p...	
6	EP_2:EP_3WG_2	2	1	LINESTRING	299802.8689@p@46...	299802.8689@p@...	299801.9760@p...	
7	EP_2:EP_3WG_3	2	1	LINESTRING	299797.4855@p@46...	299797.4855@p@...	299797.0390@p...	
8	EP_2:EP_3WG_4	2	1	LINESTRING	299802.3510@p@46...	299802.3510@p@...	299802.3510@p...	
9	EP_3:EP_4WG_1	3	1	LINESTRING	300117.5120@p@46...	300117.5120@p@...	300117.5120@p...	
10	EP_3:EP_4WG_2	3	1	LINESTRING	300112.4922@p@46...	300112.4922@p@...	300112.0460@p...	
11	EP_3:EP_4WG_3	3	1	LINESTRING	300116.7227@p@46...	300116.7227@p@...	300115.3840@p...	
12	EP_3:EP_4WG_4	3	1	LINESTRING	300117.3322@p@46...	300117.3322@p@...	300116.8860@p...	
13	EP_4:EP_5WG_1	4	1	LINESTRING	300438.6660@p@46...	300438.6660@p@...	300437.3290@p...	

En este caso, se puede observar en el visor 3D que ahora se dispone de dos soluciones para la catenaria, la derivada de puntos, vinculada a la situación del cable en las condiciones del momento de captura, y la derivada de hipótesis de máxima flecha.

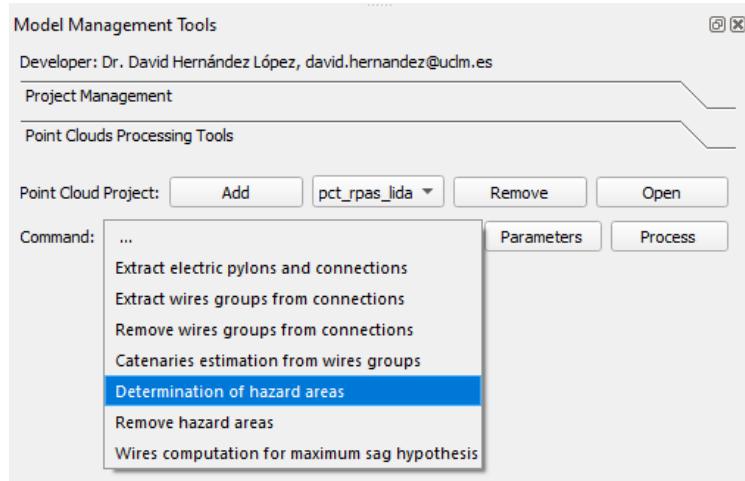


#### 4.2.8.Cálculo de áreas de riesgo

Es necesario que se haya completado en paso anterior.

En este paso se van a obtener las áreas de riesgo tanto para la catenaria de los cables derivada de los puntos capturados como para la catenaria calculada para la hipótesis de máxima flecha, que obviamente serán mayores.

Estando abierto el proyecto del complemento *Model Management Tools*, activa la pestaña de *Point Cloud Processing Tools*, elegido el proyecto de nube de puntos, se debe seleccionar en la lista de comandos el correspondiente a este paso: *Determination of Hazard areas*.



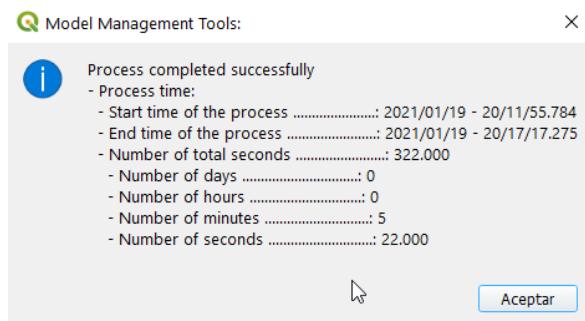
A continuación, se deben elegir los parámetros de procesamiento, pulsando en el botón *Parameters*:

Parameters					
	Code	Enabled	Value	Description	
1	DHA_BufferAreaSize	Si	50.000	Buffer area for point cloud points	Do
2	DHA_ClassesToIgnore	Si	7;8;9;10;11;12	Classes to ignore	In
3	DHA_ComputeWindDeviationUsingMaximumSag	Si	true	Instead to use maximum wind deviation parameter, compute using maximum sag	
4	DHA_GroupsHazardAreasConnectionDistance	Si	1	Times of area size for connect hazard areas	
5	DHA_MaximumCellsConnectedGroupsHazardAreas	Si	100	Maximum Cells connected groups hazard areas	
6	DHA_MaximumStdThresholdCatenary	Si	0.40	Maximum standard deviation value in the catenary to be used as a wire geometry model	Do
7	DHA_MaximumWindDeviation	Si	5.00	Maximum wind deviation	Do
8	DHA_MinimumAreaSize	Si	0.50	Minimum area size	Do
9	DHA_MinimumDistance	Si	5.00	Minimum distance	Do
10	DHA_MinimumDistanceByFall	Si	1.00	Minimum distance by fall	Do
11	DHA_MinimumFreeHeight	Si	10.00	Minimum free height	Do
12	DHA_MultiProcess	Si	false	Use multi process	
13	DHA_ProcessOnlyEnabledWiresGroups	Si	true	Process only enabled pylons connections and wires groups	
14	DHA_VegetationGrowthModelConfidenceLevel	Si	90%	Confidence level for vegetation growth model	
15	DHA_VegetationGrowthModelFile	Si	C:/ucim/Ejemplo_Zamora_1/vegetation_Height_Growth/VegetationGrowthModel.txt	Vegetation growth model file, build with point cloud tools internal process	
16	DHA_YearsExtrapolation	Si	0	Years for the extrapolation to the future of the growth model, 0 no extrapolation	
17	DHA_dtm_raster_file	Si	C:/ucim/Ejemplo_Zamora_1/RPAS_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_dtm_rpas_lidar.tif	DTM raster file, same CRS as project.	

Con los valores introducidos se han conseguido resultados en el ejemplo procesado, tanto para el caso PNOA LIDAR como RPAS LIDAR, eligiendo correctamente el MDT en cada caso, que, para este caso. Para intentar minimizar el número de áreas de riesgo se contemplan dos parámetros: *DHA\_MinimumAreaSize*, puesto a 0.5 m como mínimo para RPAS LIDAR con una densidad de decenas de puntos por metros cuadrados, y *DHA\_GroupsHazardAreasConnectionDistance*, puesto en este caso a 1 celda de mínima área, pero que se podría subir para agrupar.

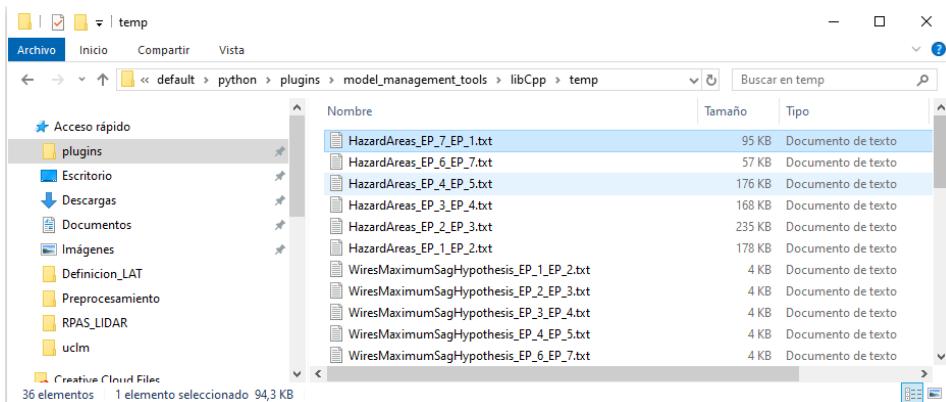
Los tres últimos parámetros sirven para hacer intervenir en el cálculo una estimación del crecimiento de la vegetación. Para ello se ha debido obtener antes un modelo de crecimiento para la zona según el procedimiento descrito en el apartado 6 de este documento, ESTIMACIÓN DE CRECIMIENTO ANUAL DE ARBOLADO. El parámetro *DHA\_VegetationGrowthModelFile* permite especificar el fichero del modelo de crecimiento obtenido, el parámetro *DHA\_VegetationGrowthModelConfidenceLevel* permite especificar el nivel de significación deseado para el modelo de crecimiento y el parámetro *DHA\_YearsExtrapolation* permite especificar el número de años de la extrapolación a futuro, de forma que si está a cero se calcularán las áreas de riesgo con la geometría presente en la nube de puntos.

Tras pulsar en el botón *Process* se inicia el cálculo que finaliza rápidamente, a pesar de que para este algoritmo se utiliza un único procesador, ya que, aunque figura el parámetro para la opción de multiproceso, todavía no se ha implementado.



Nota.- Para advertir de la importancia en el tiempo de proceso del parámetro *DHA\_MinimumAreaSize*, si en lugar de a 0.5 m se pone a 2.0 m, el tiempo de proceso pasa, con los mismos datos y en el mismo ordenador, de 5m 22s a 1m 18s.

Para cada conexión entre cables se genera un fichero de informe de resultados en la ruta de salida elegida en el complemento, al igual que en el caso PNOA LIDAR, pero incluyendo ahora los resultados para las dos posibles geometrías de los grupos de cables, la catenaria derivada de los puntos medidos y la catenaria calculada con la hipótesis de máxima flecha.



C:\Users\PCRPAS03\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\modell\_management\_tools\libC++\temp\HazardAreas\_EP\_7\_EP\_1.txt - Notepad++

Archivo Editar Busca Vista Codificación Lenguaje Configuración Herramientas Macro Ejecutar Plugins Ventana ?

temp.bat ElectricPylons\_old.qml ElectricPylons.qml Catalogue\_EP\_7\_EP\_1WG\_4.tif HazardAreas\_EP\_7\_EP\_1.txt

```

1 Determination of hazard areas report
2 - Project file .....: C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/RPAS_LIDAR/pwl_rpas_lidar.sqlite
3 - Electric pylons connection .....: EP_7_EP_1
4 - Number of wire groups .....: 4
5 - Processing parameters:
6 - Process only enabled .....: True
7 - Minimum area size .....: 0.500
8 - Buffer area size .....: 50.000
9 - Connection distance .....: 1
10 - Maximum number of connected cells ..:100
11 - DTM raster file .....: C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/RPAS_LIDAR/Preprocesamiento/zamora_dtm_rpas_lidar.tif
12 - Wind deviation using maximum sag ..: False
13 - Maximum wind deviation (no if sag) ..: 5.000
14 - Minimum distance by fall .....: 1.000
15 - Minimum free height .....: 10.000
16 - Minimum slope distance .....: 5.000
17 - Point classes to ignore .....: 7,8,9,10,11,12
18 - Catenary threshold .....: 0.400
19 - Region of interest .....: POLYGON((299188.4129 4628155.7266,299472.2110 4628299.9047,299517.5042 4628210.7501,299233.706)
20 - Number of points in region ..: 433752
21 - Number of points to ignore:
22 - First electric pylon .....: 29999
23 - Second electric pylon .....: 29095
24 - Electric pylons connection : 0
25 - Wires groups .....: 148196
26 - Hazard areas groups: 38
27
28 N.Cells Objects Ids Count Statistics distances Statistics fall distances
29 4 36 4 9.74 9.55 9.98 0.21 0 ---- ---- ---- ----
30 5 36 5 9.76 9.48 10.00 0.19 0 ---- ---- ---- ----
31 1 36 1 9.87 ---- ---- ---- 0 ---- ---- ---- ----
32 5 36 5 9.86 9.65 10.00 0.18 0 ---- ---- ---- ----
33 1 36 1 9.98 ---- ---- ---- 0 ---- ---- ---- ----
34 22 36 22 9.31 8.59 9.92 0.40 0 ---- ---- ---- ----
35 2 36 2 9.93 9.92 9.95 0.03 0 ---- ---- ---- ----
36 3 36 0 ---- ---- ---- 0 ---- ---- ---- ----
37 1 36 0 ---- ---- ---- 0 ---- ---- ---- ----
38 50 36 50 9.27 8.40 9.99 0.42 2 5.69 5.00 5.94 0.34

```

C:\Users\PCRPAS03\AppData\Roaming\QGIS\QGIS3\profiles\default\python\plugins\modell\_management\_tools\libC++\temp\HazardAreas\_EP\_7\_EP\_1.txt - Notepad++

Archivo Editar Busca Vista Codificación Lenguaje Configuración Herramientas Macro Ejecutar Plugins Ventana ?

temp.bat ElectricPylons\_old.qml ElectricPylons.qml Catalogue\_EP\_7\_EP\_1WG\_4.tif HazardAreas\_EP\_7\_EP\_1.txt

```

64 26 36 26 9.47 8.86 9.95 0.32 0 ---- ---- ---- ----
65 7 36 0 ---- ---- ---- 0 ---- ---- ---- ----
66 4 36 3 9.90 9.81 9.94 0.08 0 ---- ---- ---- ----
67 - Hazard areas maximum sag hypothesis groups: 85
68
69 N.Cells Objects Ids Count Statistics distances Statistics fall distances
70 25 36 25 9.52 8.89 9.95 0.29 0 ---- ---- ---- ----
71 1 36 1 9.97 ---- ---- ---- 0 ---- ---- ---- ----
72 20 36 20 9.48 8.98 9.95 0.24 0 ---- ---- ---- ----
73 44 36 44 9.16 8.02 9.97 0.55 11 5.59 5.00 5.97 0.26
74 14 36 12 9.83 9.60 9.99 0.12 0 ---- ---- ---- ----
75 68 36 68 8.79 7.74 9.91 0.55 15 5.12 4.00 5.96 0.39
76 27 35 27 9.33 8.56 9.97 0.35 0 ---- ---- ---- ----
77 106 35 104 8.99 7.17 9.96 0.71 21 5.49 4.00 5.97 0.28
78 46 36 46 8.21 6.79 9.97 0.89 26 3.99 2.00 5.86 0.97
79 49 35 48 8.78 6.93 9.97 0.90 14 5.46 4.00 5.83 0.28
80 7 36 7 8.44 8.02 8.84 0.28 4 4.82 4.00 5.27 0.31
81 75 35 75 8.54 7.57 9.62 0.54 39 4.68 3.00 5.86 0.63
82 81 36 81 8.22 5.86 10.00 0.97 42 4.86 3.00 5.92 0.74
83 5 36 0 ---- ---- ---- 0 ---- ---- ---- ----
84 9 36 1 10.00 ---- ---- 0 ---- ---- ---- ----
85 3 36 0 ---- ---- ---- 0 ---- ---- ---- ----
86 4 36 4 8.77 8.42 8.82 0.20 0 ---- ---- ---- ----

```

La base de datos se ha actualizado con los resultados del procesamiento, también para los dos casos de catenaria:

Administrador de BBDD

Base de datos Tabla Importar capa/archivo... Exportar a archivo...

Proveedores

- GeoPackage
- Oracle Spatial
- PostGIS
- Spatialite
  - landuse.sqlite
  - pct\_pnoa\_lidar\_g50.sqlite
  - pct\_rpas\_lidar\_g20.sqlite
  - pwl\_pnoa\_lidar.sqlite
  - pwl\_rpas\_lidar.sqlite
  - classes
  - hazard\_areas**
  - hazard\_areas\_msh
  - objects
  - objects\_bb3d
  - objects\_geometries
  - pct\_dbs
  - pwl\_dbs
  - points\_pct\_dbs
  - powerlines
  - projects
  - pylons
  - pylons\_connections
  - pylons\_connections\_wires\_group

	id	name	type	lons_connection_	objects_id	distances_mean	distances_min	distances_max	distances_std	distances_coi
1	1	EP_1_EP_2_HA_1	distance fall height	1	16	8.79	7.79	9.94	0.58	71
2	2	EP_1_EP_2_HA_2	distance	1	16	9.04	8.72	9.35	0.45	2
3	3	EP_1_EP_2_HA_3	distance fall	1	16	8.54	7.8	9.82	0.52	28
4	4	EP_1_EP_2_HA_4	distance	1	15	9.69	9.33	9.93	0.22	10
5	5	EP_1_EP_2_HA_5	distance fall	1	16	8.02	7.28	8.57	0.35	18
6	6	EP_1_EP_2_HA_6	distance fall	1	15	9.22	8.57	9.93	0.42	65
7	7	EP_1_EP_2_HA_7	distance	1	15	9.97	9.97	9.97	0.0	1
8	8	EP_1_EP_2_HA_8	distance	1	15	9.49	8.68	9.96	0.35	36
9	9	EP_1_EP_2_HA_9	distance	1	16	9.01	8.61	9.42	0.27	7
10	10	EP_1_EP_2_HA_10	distance	1	16	9.49	9.0	9.96	0.32	17
11	11	EP_1_EP_2_HA_11	height	1	16	NULL	NULL	NULL	0	
12	12	EP_1_EP_2_HA_12	distance	1	15	9.77	9.4	9.99	0.18	15
13	13	FP_1_EP_2_HA_13	distance fall	1	16	7.83	6.46	9.79	0.62	101

Administrator de BBDD

Base de datos Tabla

Importar capa/archivo... Exportar a archivo...

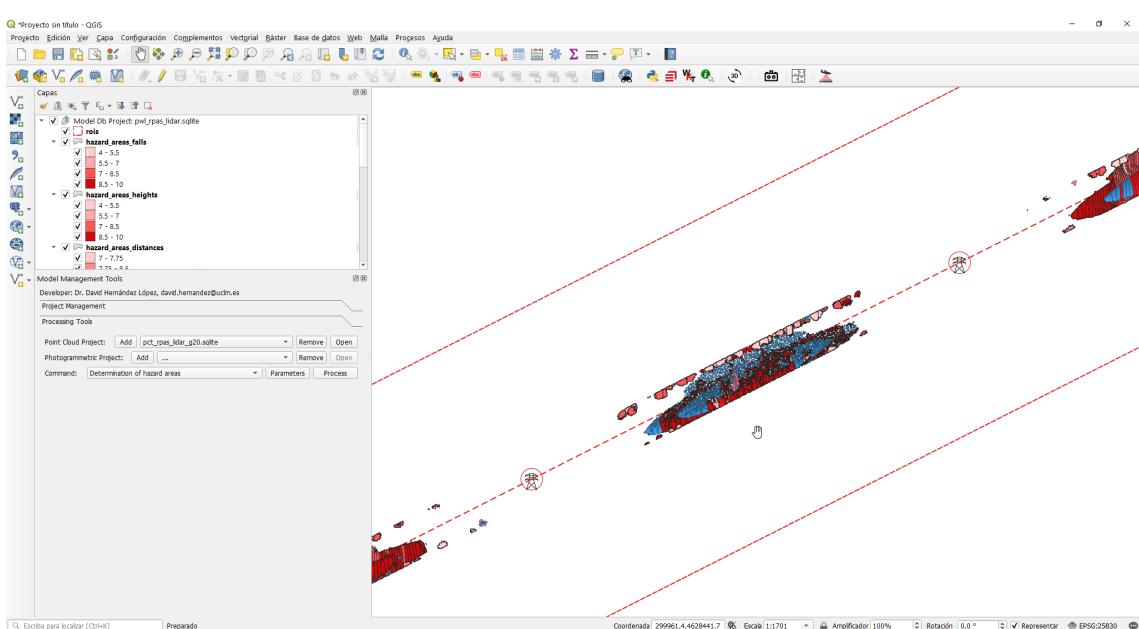
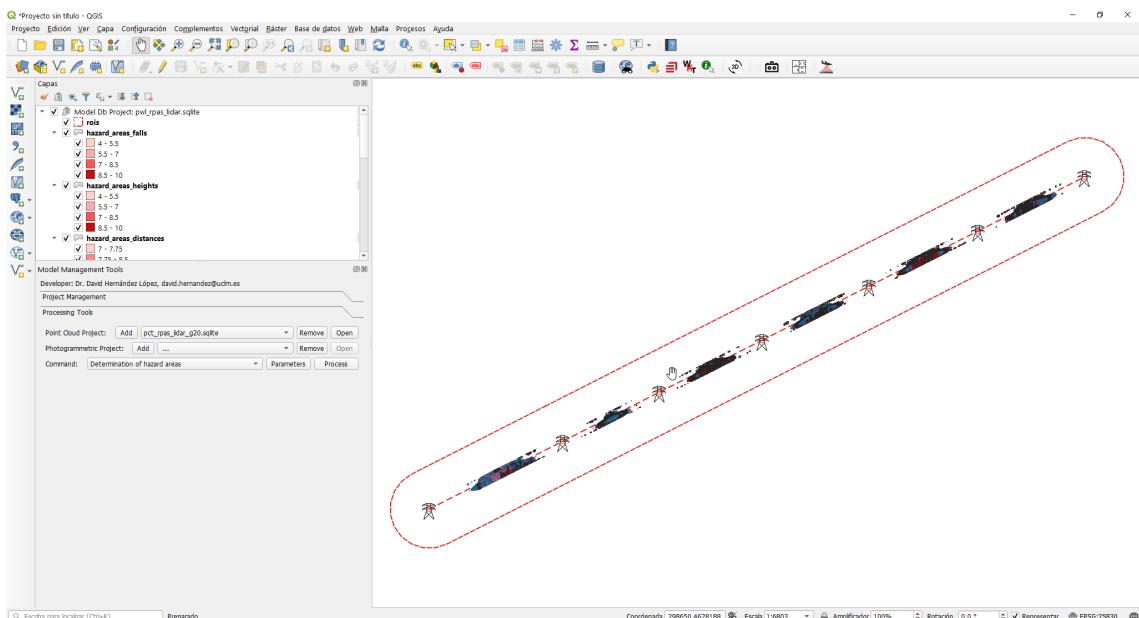
Proveedores

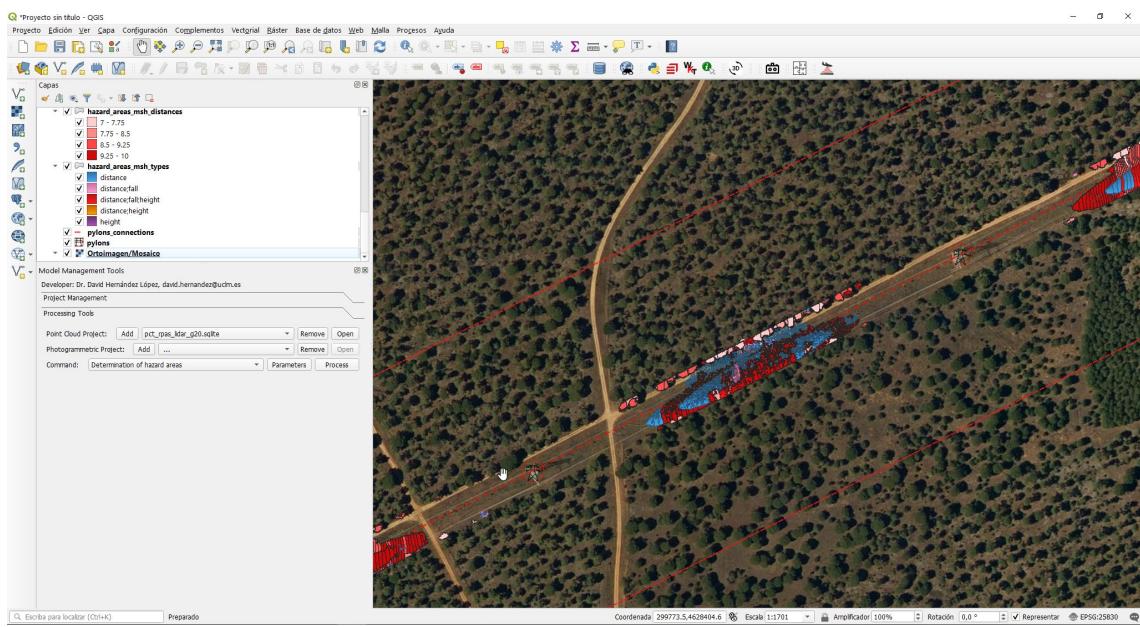
- GeoPackage
- Oracle Spatial
- PostGIS
- Spatialite
  - landuse.sqlite
  - pct\_pnoa\_lidar\_g20.sqlite
  - pvt\_pnoa\_lidar.sqlite
  - pvt\_pnoa\_lidar.sqlite
  - pvt\_rpas\_lidar.sqlite
  - classes
  - hazard\_areas
    - hazard\_areas\_msh
    - objects
    - objects\_bb3d
    - objects\_geometries
    - pcl\_dbs
    - pht\_dbs
    - points\_pcl\_dbs
    - powerlines
    - projects
    - pylons
    - pylons\_connections
    - pylons\_connections\_wires\_group

Info Tabla Vista preliminar

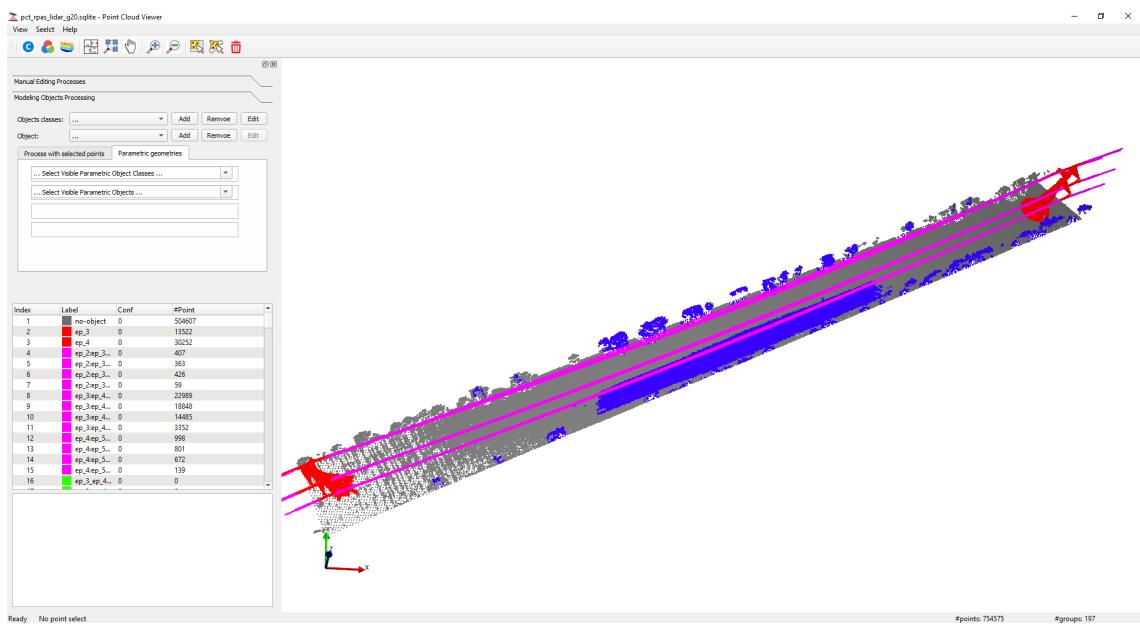
	id	name	type	lons_connection_	objects_id	distances_mean	distances_min	distances_max	distances_std	distances_coi
1	1	EP_1_EP_2_HA...	distance;fall;hei...	1	16	8.28	7.1	9.99	0.7	77
2	2	EP_1_EP_2_HA...	distance	1	15	9.68	9.29	10.0	0.21	13
3	3	EP_1_EP_2_HA...	distance	1	15	9.83	9.6	9.97	0.16	4
4	4	EP_1_EP_2_HA...	height	1	15	NULL	NULL	NULL	NULL	0
5	5	EP_1_EP_2_HA...	distance	1	16	8.51	8.24	8.78	0.38	2
6	6	EP_1_EP_2_HA...	distance;fall	1	16	8.08	7.39	9.4	0.48	29
7	7	EP_1_EP_2_HA...	distance	1	15	9.96	9.96	9.96	0.0	1
8	8	EP_1_EP_2_HA...	distance	1	15	9.35	8.54	10.0	0.4	28
9	9	EP_1_EP_2_HA...	distance	1	15	9.87	9.84	9.89	0.04	2
10	10	EP_1_EP_2_HA...	distance;fall	1	16	7.92	7.38	8.57	0.32	18
11	11	EP_1_EP_2_HA...	distance;fall	1	15	8.74	7.57	9.98	0.65	85
12	12	EP_1_EP_2_HA...	distance	1	16	9.53	9.43	9.72	0.13	4
13	13	EP_1_EP_2_HA...	height	1	16	NULL	NULL	NULL	NULL	0

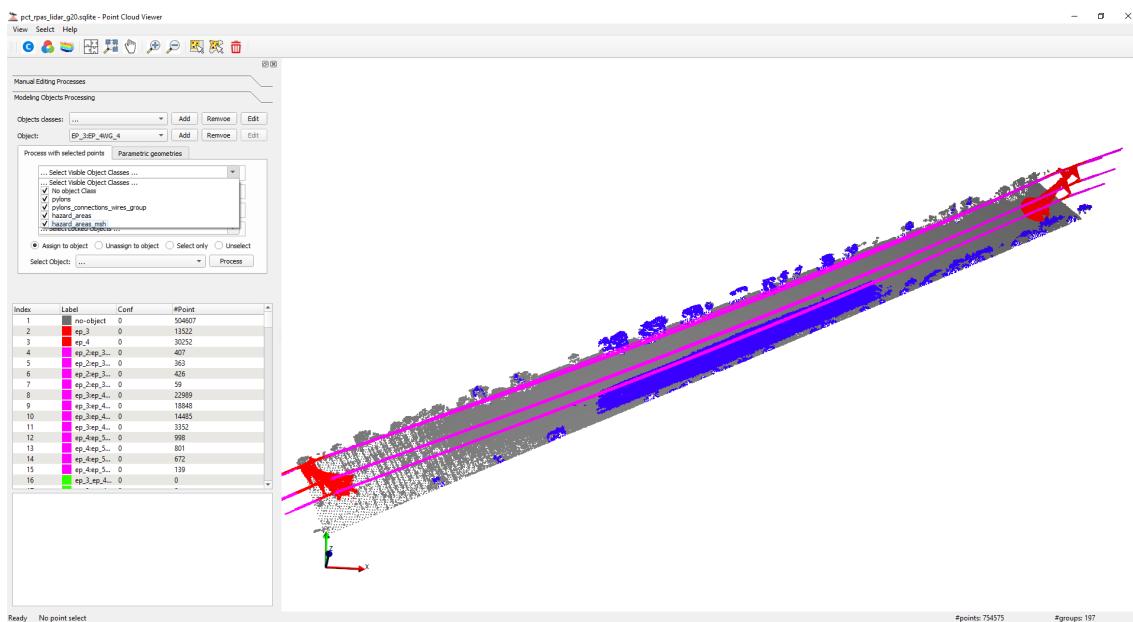
Tras finalizar el proceso, o volver a abrir el proyecto con el complemento, se cargan automáticamente las capas con los resultados de las áreas de riesgo, con una simbología que persiste en ficheros *qml* y que el usuario podría modificar a su criterio.





También se pueden ver los puntos de áreas de riesgo en el visor 3D, permitiendo visualizar los dos tipos de áreas de riesgo.

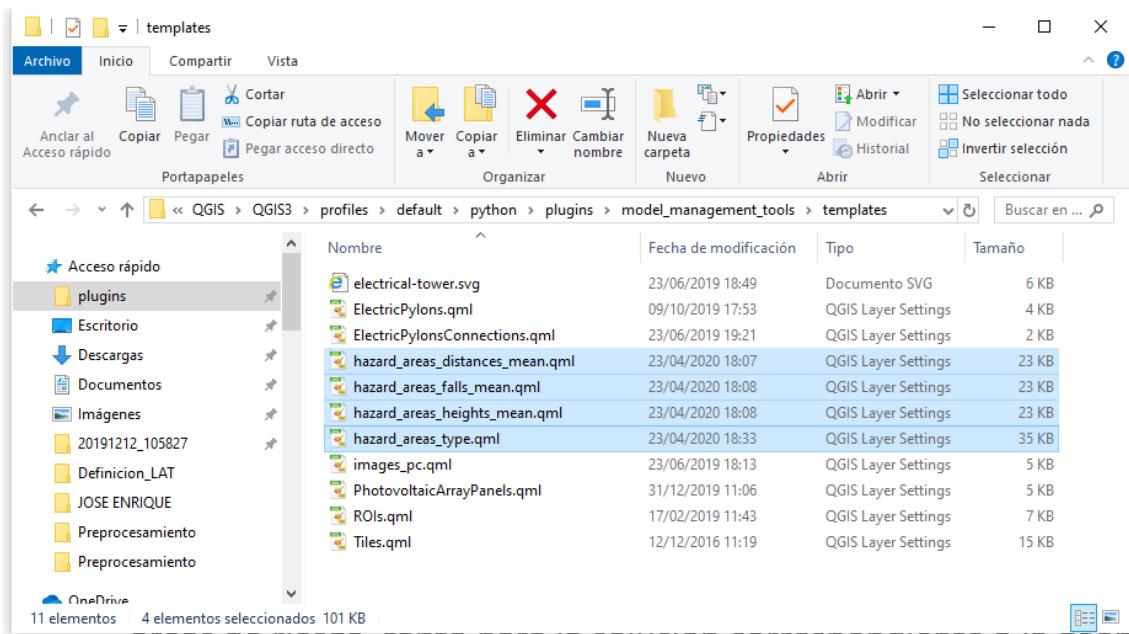


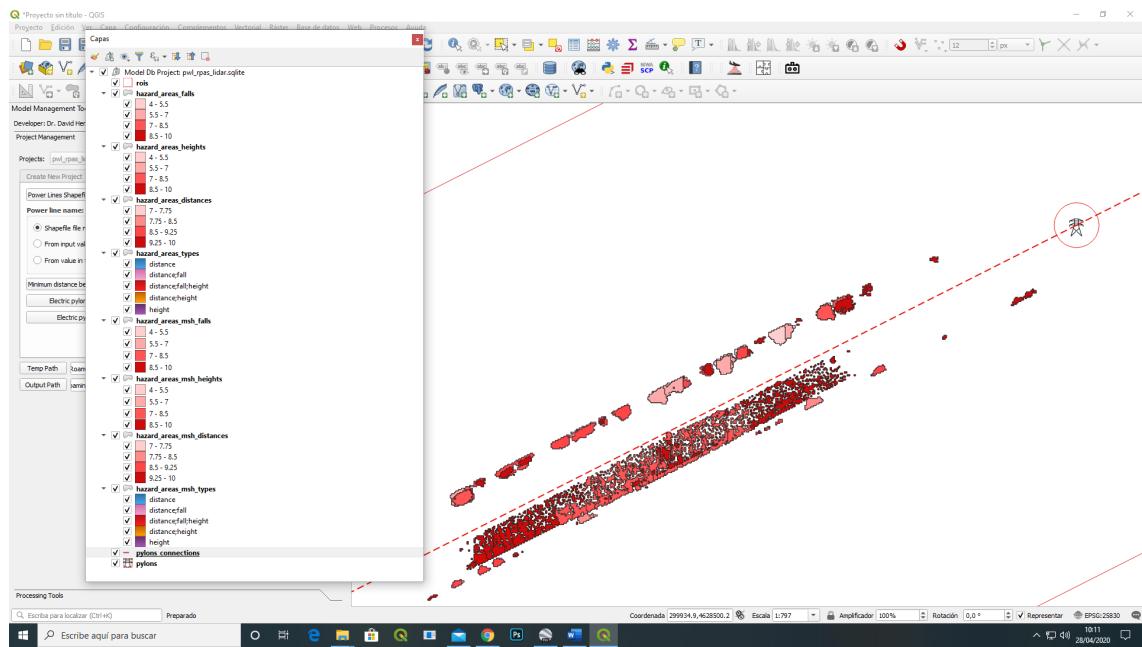


## 5. REPRESENTACIÓN DE LAS ÁREAS DE RIESGO

Se ha incorporado una nueva funcionalidad de carga automática de las capas vectoriales de áreas de riesgo, tanto para la solución correspondiente a la geometría detectada de los grupos de cables como para la hipótesis de máxima flecha.

Para gestionar la simbología se han añadido cuatro ficheros que pueden ser modificados para adaptarlos al criterio del operador. Para cada uno de los ficheros se genera una capa simbolizada. Un fichero simboliza en función del tipo de riesgo, otro en función de los valores de riesgo por distancia, otro por los valores de riesgo por caída y otro por los valores de riesgo por altura.





## 6. ESTIMACIÓN DE CRECIMIENTO ANUAL DE ARBOLADO

Para extrapolar a futuro la presencia de áreas de riesgo hay que partir de un modelo de crecimiento del arbolado en el entorno de la REDLATs.

En este apartado se describe la solución desarrollada para estimar el crecimiento a partir de nubes de puntos de varias fechas.

Los datos de partida utilizados son:

- Fichero shapefile de tipo LINESTRING de la REDLATs se ha obtenido en QGis a partir de la digitalización por el centro de los postes, pudiendo proceder de cualquier fuente disponible. El fichero empleado en este ejemplo es:

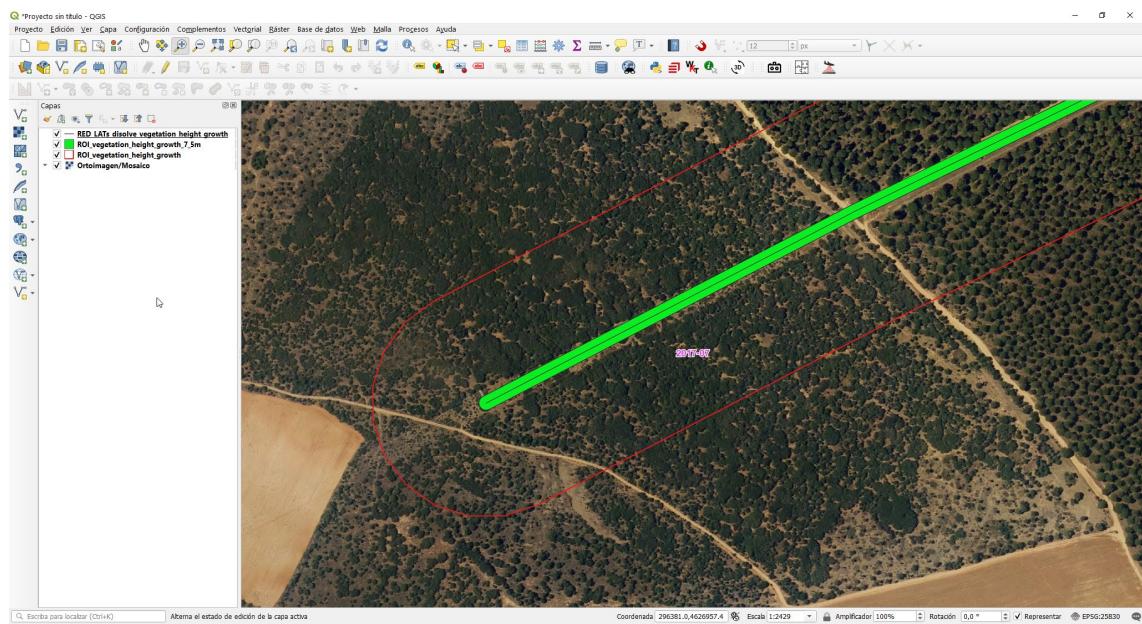
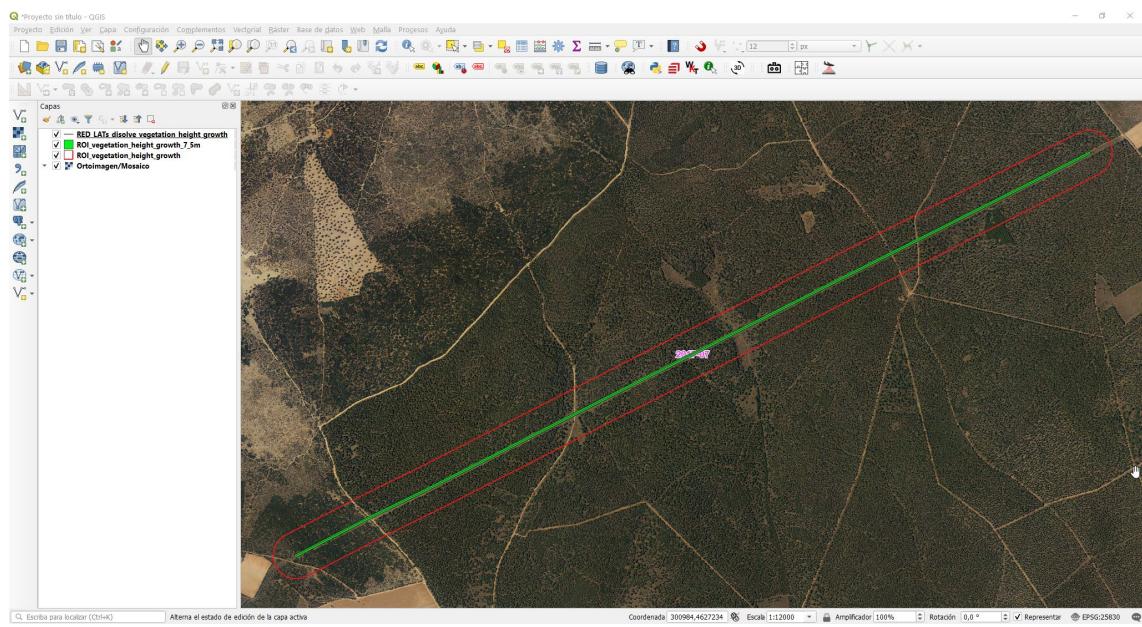
C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\Definicion\_LAT\RED\_LATs\_dissolve\_vegetation\_height\_growth.h.shp

- Fichero shapefile de tipo POLYGON con la definición del área a utilizar en el entorno de la REDLATs y que se ha obtenido en QGis aplicando al fichero LINESTRING de la REDLATs el geoprocreso buffer con una distancia de 120 m. El fichero resultante es:

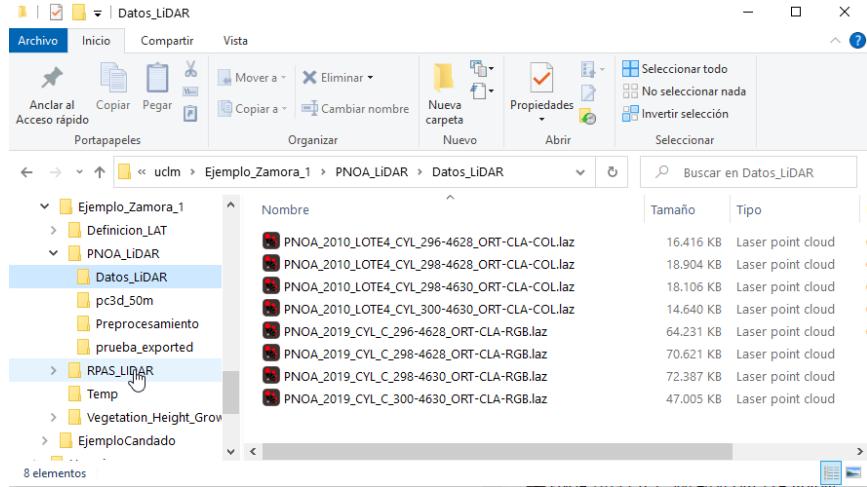
C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\Definicion\_LAT\ROI\_vegetation\_height\_growth.shp

- Fichero shapefile de tipo POLYGON con la definición de la región a excluir en la REDLATs para evitar que intervengan en el cálculo puntos de postes o de cableado que estén erróneamente clasificados como vegetación, lo que es frecuente en los ficheros de PNOA LIDAR. Este fichero se ha obtenido en QGis aplicando al fichero LINESTRING de la REDLATs el geoproceso buffer con una distancia de 7.5 m. El fichero resultante es:

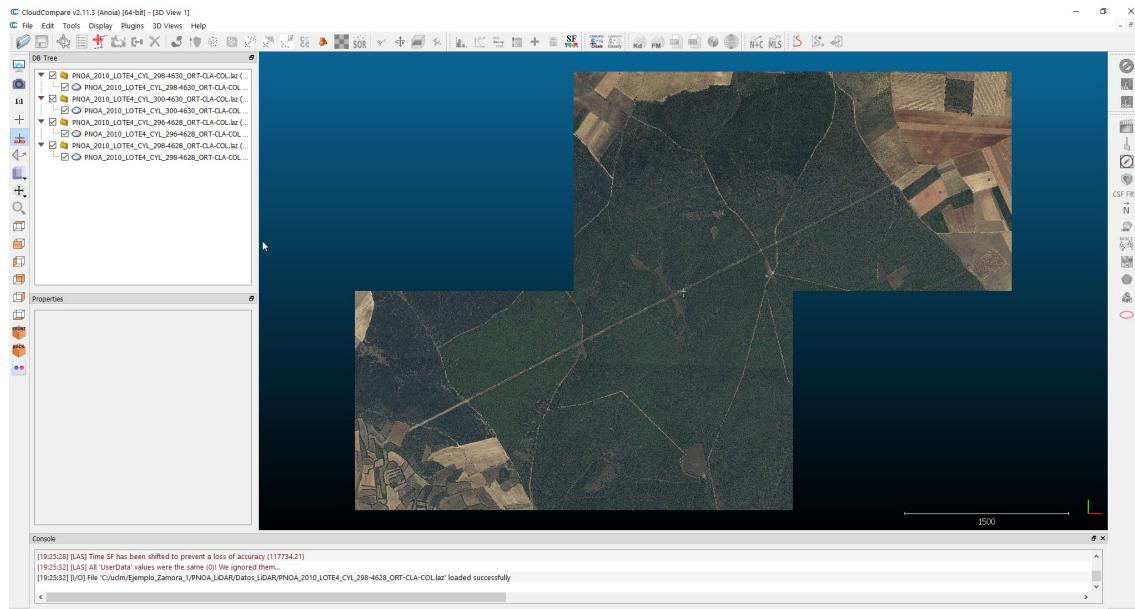
C:\uclm\Ejemplo\_Zamora\_1\Definicion\_LAT\ROI\_vegetation\_height\_growth\_7\_5m.shp



- Ficheros de PNOA LIDAR de las dos ediciones disponibles en la actualidad para la zona, 2010 y 2019, descargados del CNIG a través de las herramientas web.



La siguiente figura, donde se han cargado únicamente los ficheros de PNOA LIDAR de 2010, ilustra la extensión de 2x2 km correspondiente a cada fichero, evidenciando la gran cantidad de información innecesaria.



Los ficheros LIDAR a utilizar deben cumplir una serie de requisitos, que cumplen los ficheros de PNOA LIDAR empleados en el ejemplo:

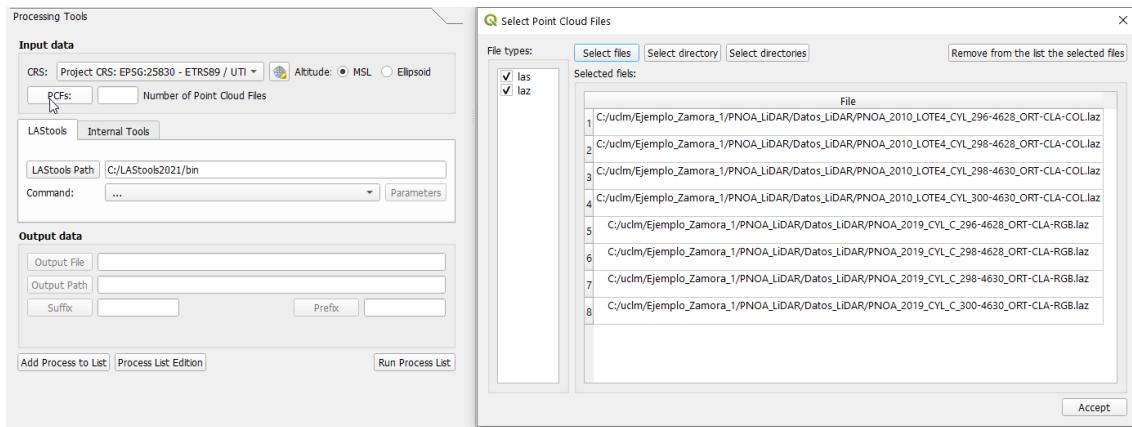
- Todos los ficheros deben estar expresados en el mismo CRS y correctamente georreferenciados, ya que cualquier error en la georreferenciación se trasladará directamente un error en los resultados.
- En el nombre de los ficheros debe figurar el año en una cadena de cuatro números precedida y seguida por el carácter “\_”, ya que será de donde se extraerá en un paso posterior. No importa la posición, siempre y cuando el carácter “\_” aparezca antes y después. No pueden existir dos cadenas con este criterio. El valor del año debe ser un número mayor o igual a 2000.
- Deben estar clasificados, al menos deben figurar las clases de terreno (2) y alguna de las de vegetación contempladas (4 para vegetación de altura media y/o 5 para vegetación de altura alta). Errores en la clasificación se trasladarán directamente a errores en los resultados.

A continuación, se describen los pasos a realizar secuencialmente.

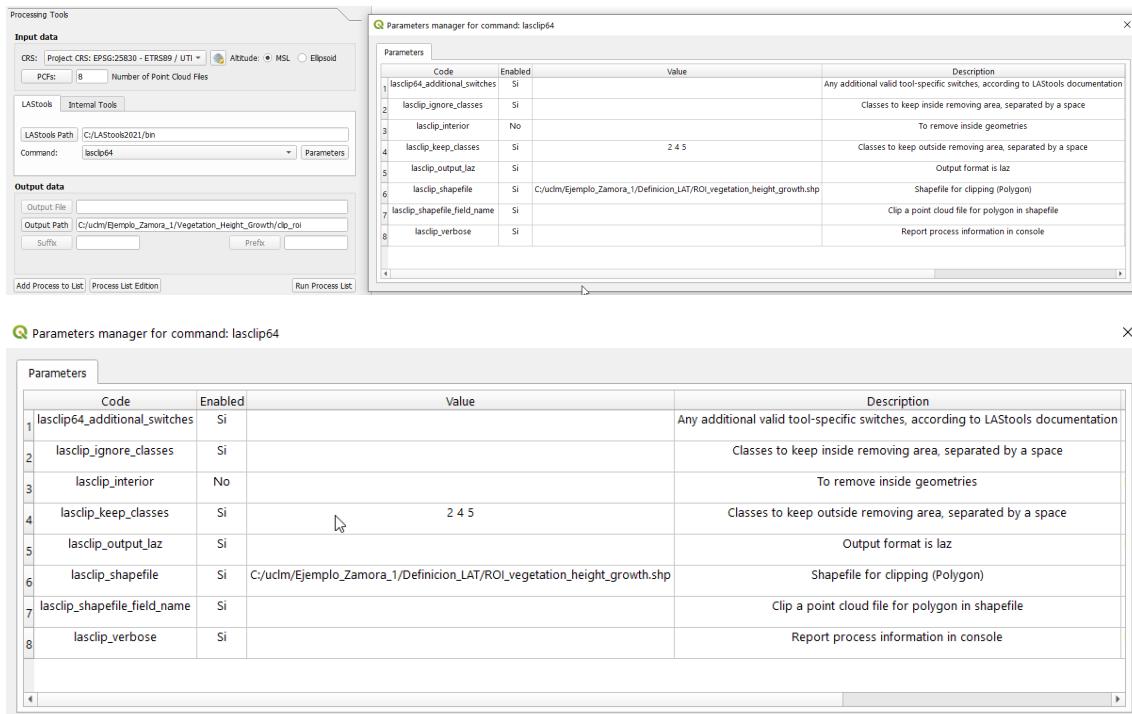
### 1. Preprocesamiento de ficheros LIDAR

Con el objetivo de limitar la información de los ficheros LIDAR de partida a exclusivamente la necesaria, se realizarán en este paso tres procesos de LAStools con las herramientas desarrolladas.

El primer proceso consiste en eliminar los puntos exteriores y limitar los interiores a las clases de terreno (2), vegetación media (4) y vegetación alta (5). Para ello, tal y como ilustra la siguiente figura, desde el panel Processing Tools, se elige el CRS, EPSG:25830 en este caso, y a continuación, pulsando en el botón *PCFs*, todos los ficheros a procesar, de todas las fechas.



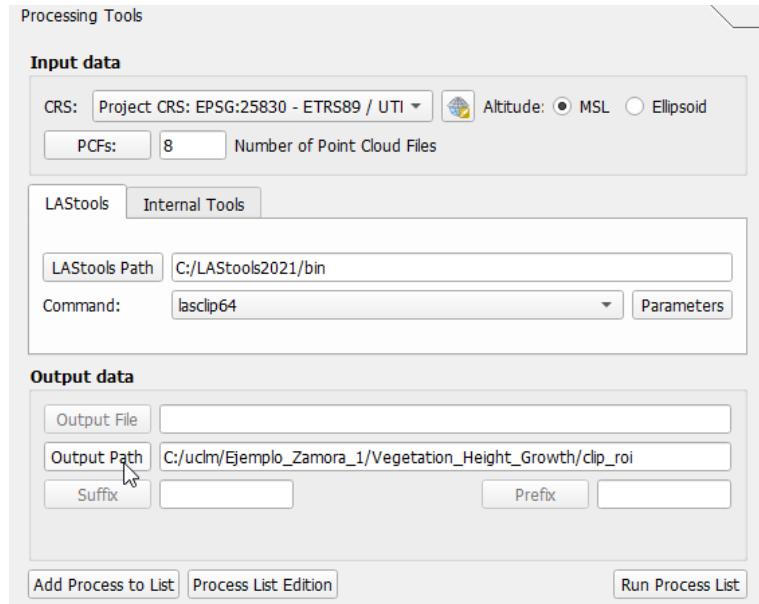
A continuación, se elige el comando de LAStools a procesar, *lasclip64*, y sus parámetros, tal y como ilustra la siguiente figura.



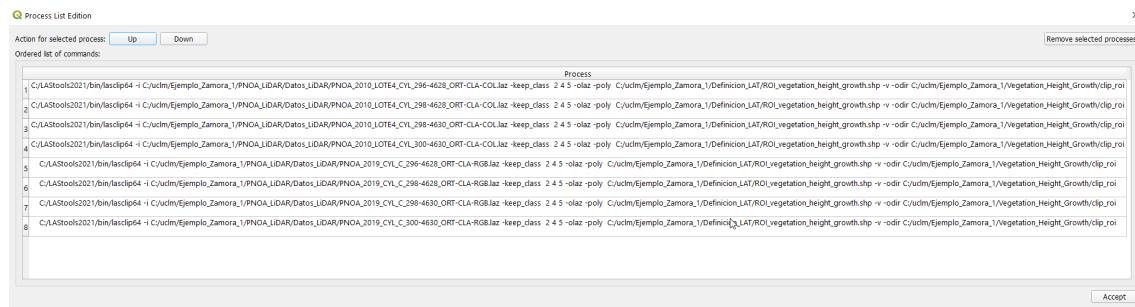
Adviértase que el parámetro de código *lasclip\_interior* está deshabilitado, lo que se consigue pulsando en la correspondiente celda de la tabla y eligiendo NO. Además, para el parámetro *lasclip\_keep\_classes* se han introducido los valores de las clases que se desea conservar, lo que

se consigue pulsando en la correspondiente celda de la tabla e introduciendo en el diálogo que se despliega los valores de los números separados por un espacio. También se debe elegir el fichero shapefile de tipo POLYGON que define el área de interés.

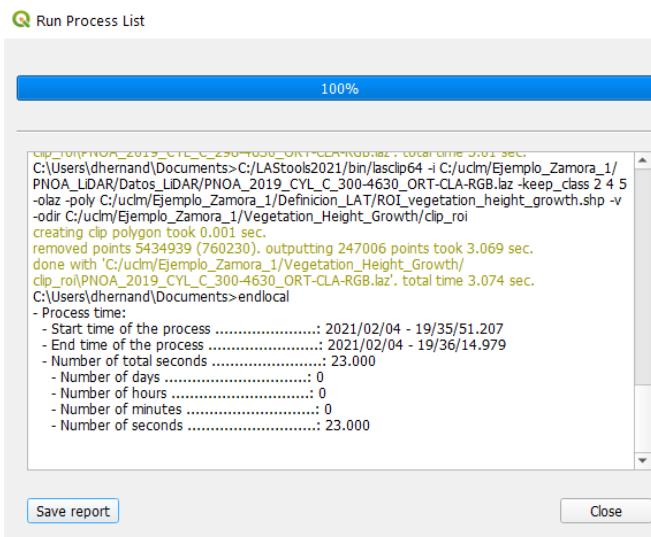
A continuación, se elige la ruta de salida pulsando en el botón *Output Path* y empleando el explorador de Windows que se despliega.



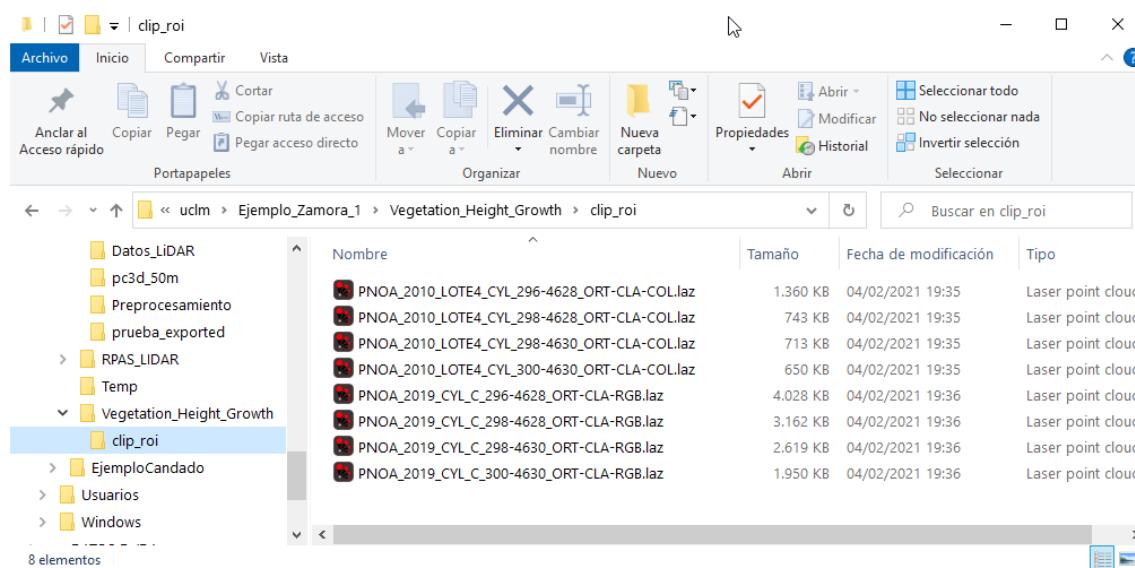
Lo siguiente es pulsar en el botón *Add Process to List*, en la parte inferior izquierda de la interfaz, para, a continuación, pulsar en el botón *Process List Edition*, desplegándose un diálogo donde se pueden ver los comandos que se ejecutarán a continuación, un comando lasclip64 de LAStools por fichero seleccionado.



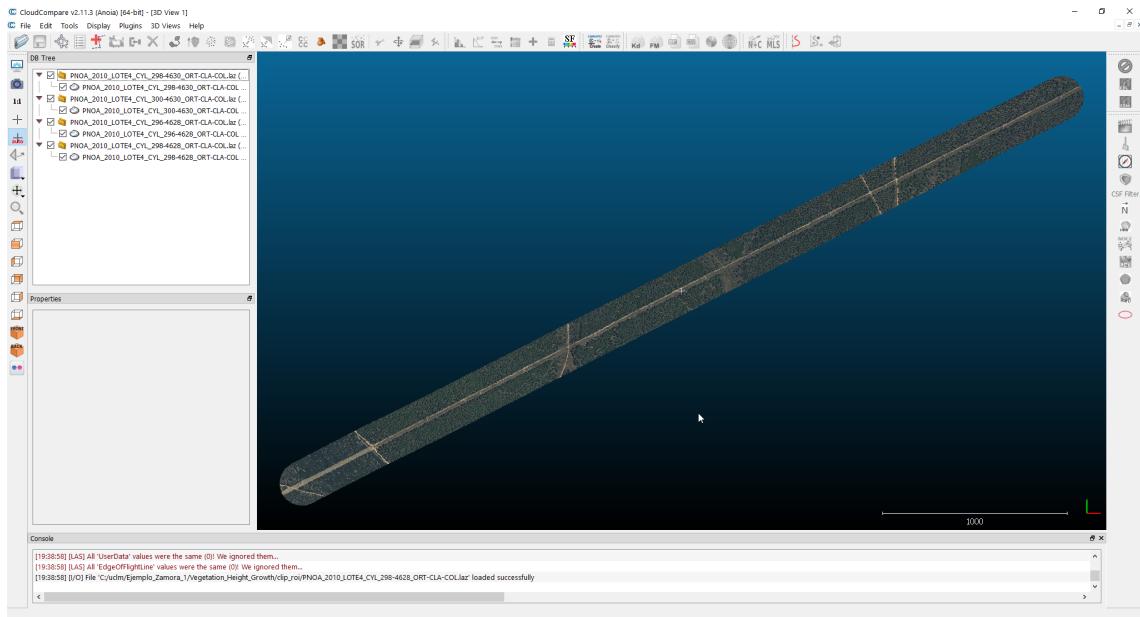
Finalmente, tras cerrar el diálogo anterior y pulsar en el botón *Run Process List*, en la parte inferior derecha de la interfaz, se lanza la ejecución, desplegándose un diálogo donde se van mostrando los resultados, mostrando el tiempo invertido una vez que acaba el último proceso.



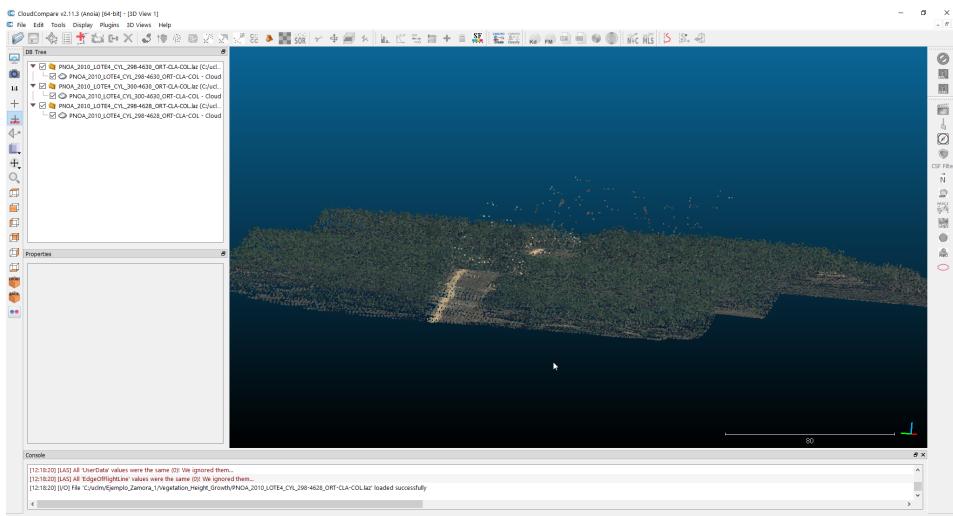
El resultado será un fichero LAZ para cada uno de los ficheros de entrada, con el mismo nombre, en la ruta de salida elegida.

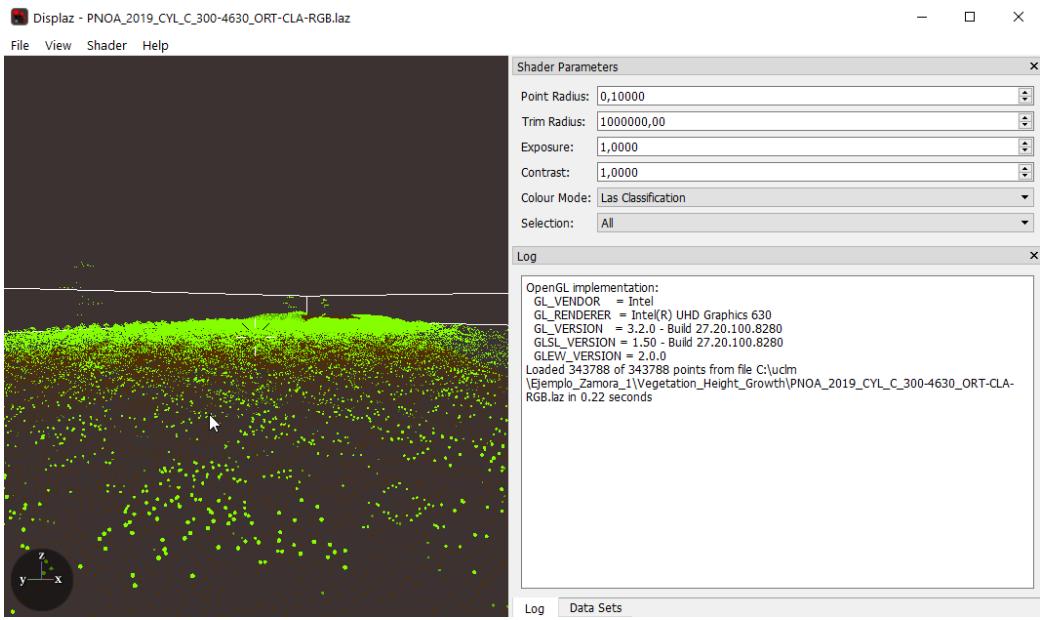


Con esta operación se ha pasado de un total de 314 MB a 14.8 MB. La siguiente figura, donde únicamente se han cargado los ficheros PNOA LIDAR resultantes para 2010, muestra la reducción de información al área de interés.



La siguiente figura, resultado de adoptar la perspectiva 3D adecuada, permite apreciar la presencia de algunos puntos correspondientes a los postes y los cables, clasificados además como vegetación alta en su gran mayoría, de forma que contribuirían a generar errores en la estimación del crecimiento, motivo por el cual serán eliminados en el paso siguiente.

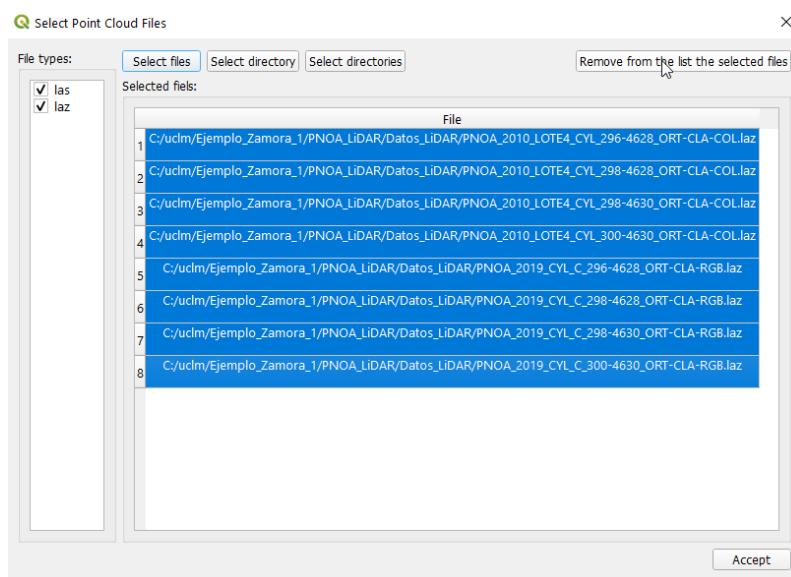




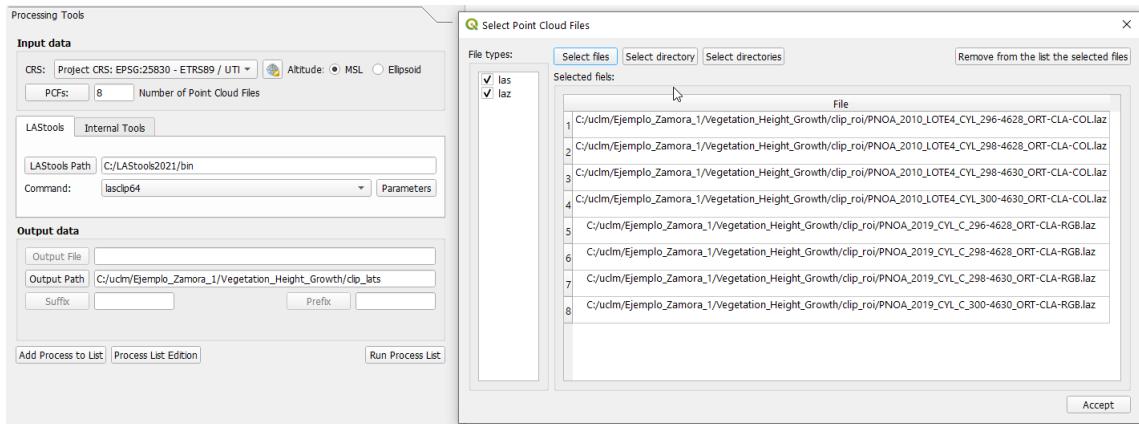
El segundo proceso consiste en la eliminación de todos los puntos del recinto interior que contiene la REDLATs, manteniendo únicamente los puntos de la clase de terreno (2) porque ayudarán en el cálculo de alturas sobre el terreno en un paso posterior.

El proceso es similar al primero, pero seleccionando como ficheros de partida los resultantes del primer proceso, cambiando algunos parámetros y la ruta de salida. Si no se ha cerrado y vuelto a abrir QGis, la información previamente seleccionada continúa elegida, siendo necesario eliminarla, tal y como se describe a continuación.

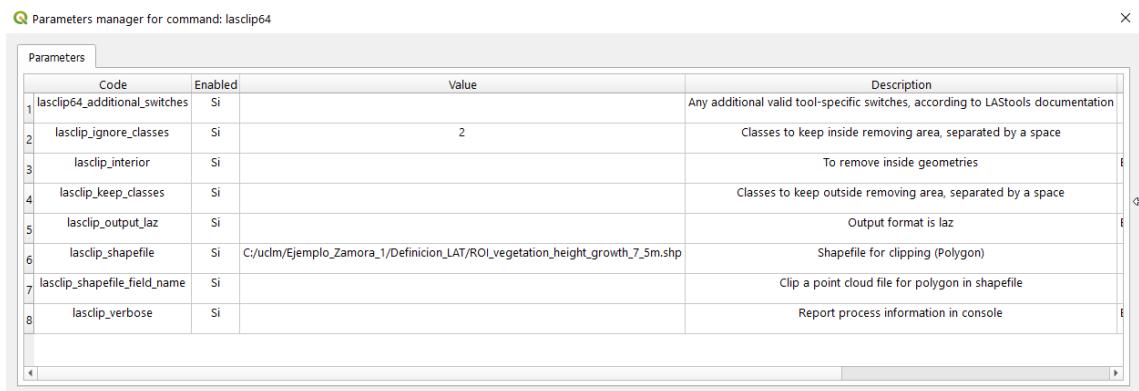
En primer lugar, se debe seleccionar el CRS, EPSG:25830, no siendo necesario si no se ha reiniciado QGis ya que permanece la última selección. A continuación, se deben eliminar los ficheros seleccionados en el proceso anterior. Pulsando en el botón PCFs, se seleccionan los ficheros existentes, pulsando en la columna numérica a la izquierda (y arrastrando) y pulsando en el botón *Remove from the list selected files*.



Ya se pueden seleccionar los ficheros de entrada en este proceso, los de salida del primero.



A continuación, se deben elegir los parámetros, tal y como ilustra la siguiente figura:



Adviértase que ahora se ha habilitado el parámetro de código *lasclip\_interior*, para indicar que lo que se quiere es eliminar los puntos interiores a la geometría de polígono facilitada por el fichero shapefile, que ahora se ha elegido a la que encierra la REDLATs. Además, en el parámetro de código *lasclip\_ignore\_classes* se ha introducido el valor 2 para indicar que se ignoren, es decir, que no se eliminan, los puntos de la clase terreno. También se ha dejado vacío el contenido del parámetro de código *lasclip\_keep\_classes*, debido a que queremos conservar los puntos de todas las clases de la región donde no se eliminan puntos, que ahora es la exterior al recinto del polígono.

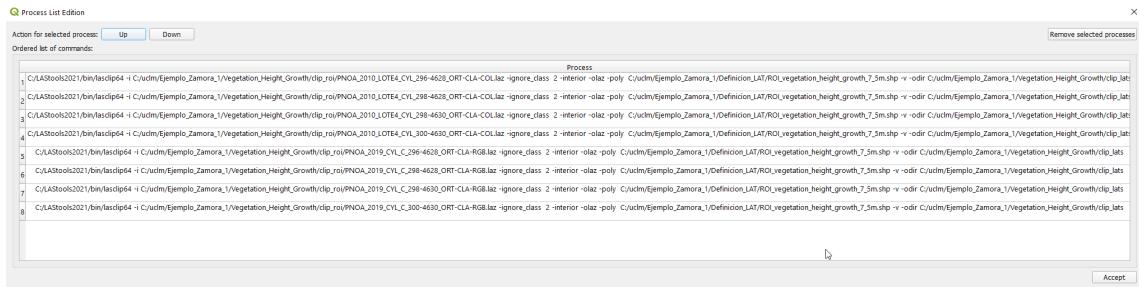
**IMPORTANTE!!!!** Hay que elegir otra ruta de salida para los ficheros resultantes de este segundo proceso, habiéndose creado y elegido en este ejemplo la ruta:

C:/uclm/Ejemplo\_Zamora\_1/Vegetation\_Height\_Growth/clip\_lats

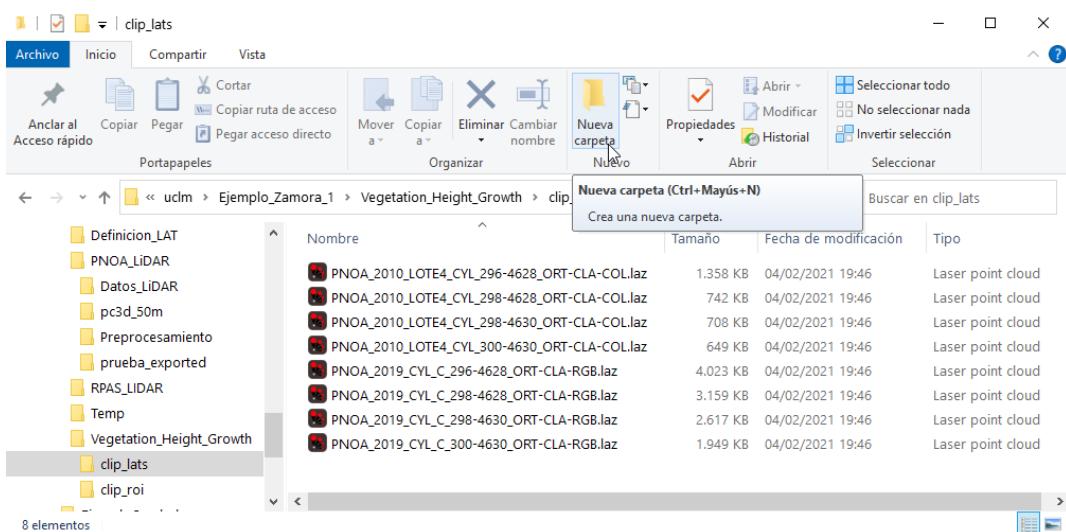
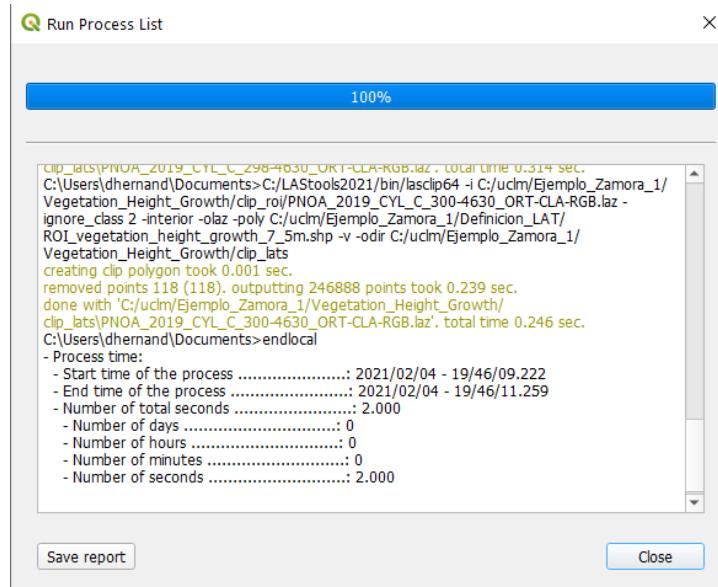
Si se mantiene la misma ruta se corromperán los ficheros, siendo necesario comenzar de nuevo.

Antes de añadir los procesos de ficheros a la lista de procesos, hay que vaciar la lista del proceso anterior, salvo que se haya reiniciado Qgis. Para eliminar de la lista de procesos los ejecutados en el primer proceso se debe abrir el diálogo de edición, pulsando en el botón *Process List Edition*, seleccionarlos todos y pulsar en el botón *Remove selected processes*.

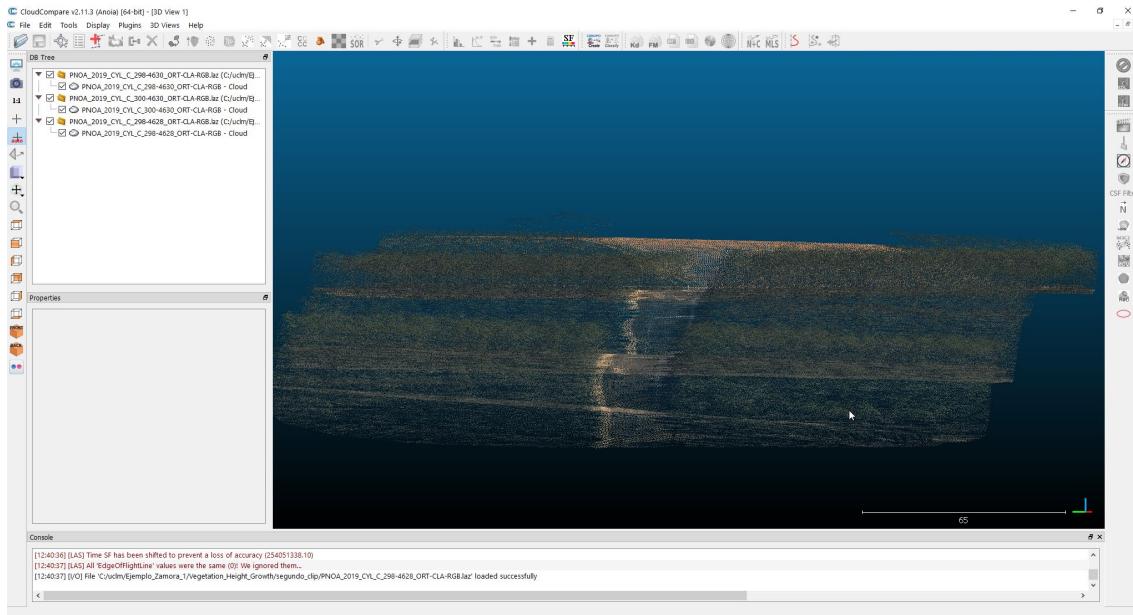
A continuación, se añaden los procesos pulsando en el botón *Add Process to List*, y se comprueba que se han añadido correctamente, pulsando en el botón *Process List Edition*.



Finalmente, tras cerrar el diálogo anterior, se lanza la ejecución pulsando en el botón *Run Process List*, de forma similar al primer proceso.



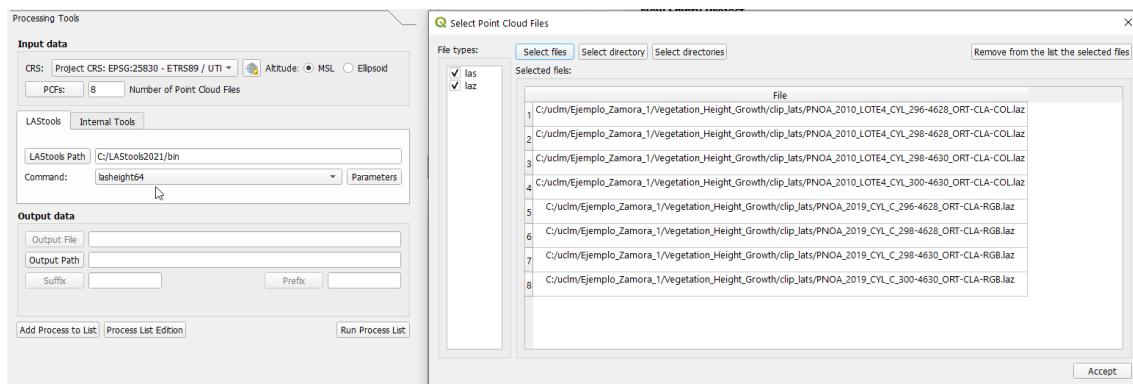
Los ficheros resultantes ocupan prácticamente lo mismo que los del paso anterior pero ya no incluyen los puntos correspondientes a los postes y cables de la REDLATs.



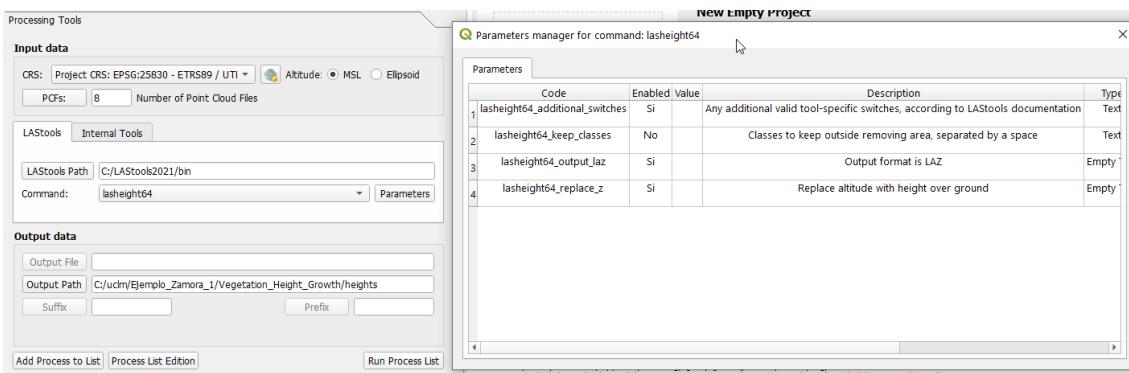
El tercer proceso consiste en la obtención de ficheros LIDAR donde la tercera coordenada represente no la altitud en el CRS oficial de España, altitudes ortométricas referidas al nivel medio del mar en Alicante, CRS EPSG:5782, sino la altura sobre el terreno. El calcular crecimiento como diferencia de alturas y no de altitudes tiene la ventaja de que se elimina el error correspondiente a la precisión altimétrica absoluta de cada uno de los vuelos LiDAR.

El proceso es similar al primero y segundo, pero seleccionando como ficheros de partida los resultantes del segundo proceso, y con un nuevo comando de LAStools. Si no se ha cerrado y vuelto a abrir QGis, la información previamente seleccionado continúa elegida, siendo necesario eliminarla, tal y como se describe a continuación.

En primer lugar, se debe seleccionar el CRS, EPSG:25830, no siendo necesario si no se ha reiniciado QGis ya que permanece la última selección. A continuación, se deben eliminar los ficheros del proceso anterior si no se ha reiniciado QGis, tal y como se describió en el segundo proceso. Ahora se seleccionan los ficheros resultantes del segundo proceso.



A continuación, se elige el comando `lasheight64` y los parámetros, de acuerdo con la siguiente figura.



Adviértase que en el parámetro de código *lasheight64\_keep\_classes* se deshabilita ya que se deben dejar las tres clases contempladas (2, 4 y 5), no pudiendo eliminarse la clase 2 debido a que es la que se utiliza para determinar el modelo del terreno del que se obtiene la altitud que se resta a cada punto de las clases de vegetación para obtener la altura. En los ficheros resultantes continuarán los puntos de la clase 2, con altura 0, pero no serán empleados para el cálculo del modelo de crecimiento de vegetación. Se podría hacer una operación adicional para eliminar después los puntos de la clase 2 pero no es imprescindible dado que estos puntos serán ignorados.

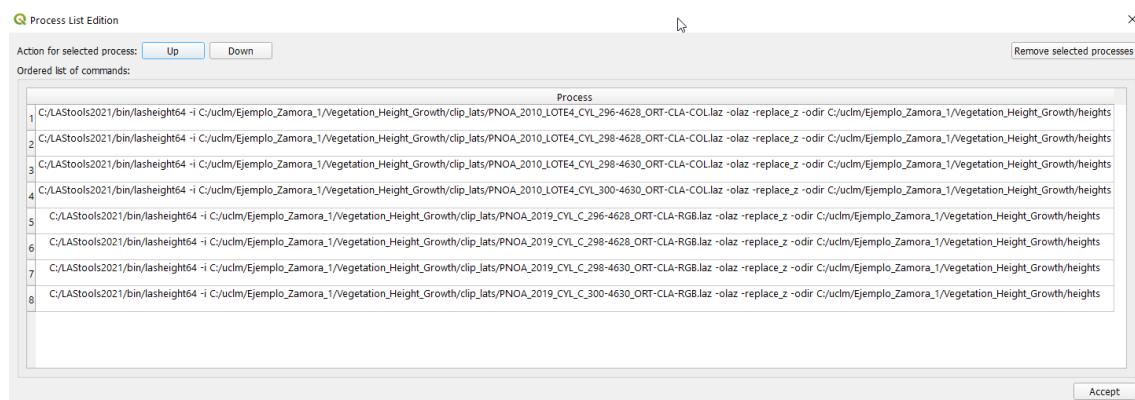
**IMPORTANTE!!!!** Hay que elegir otra ruta de salida para los ficheros resultantes de este tercer proceso, habiéndose creado y elegido en este ejemplo la ruta:

C:\ucdm\Ejemplo\_Zamora\_1\Vegetation\_Height\_Growth\heights

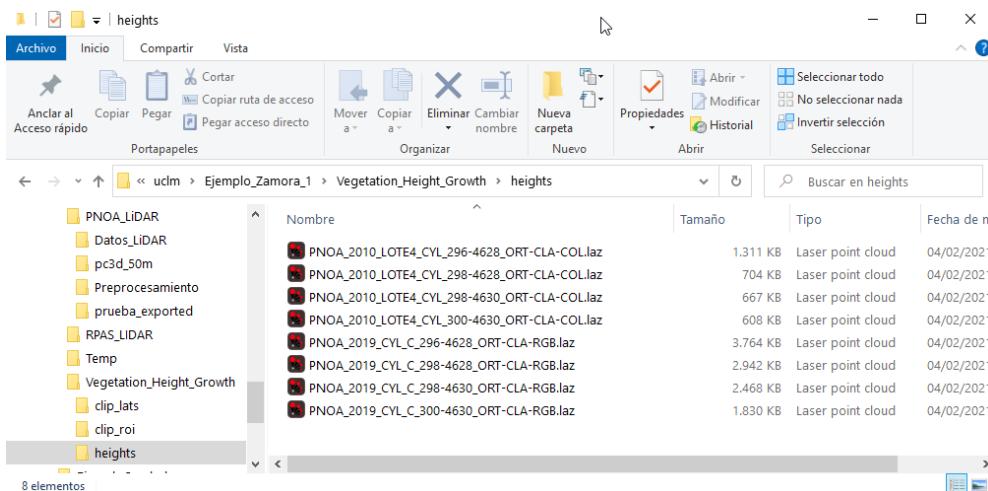
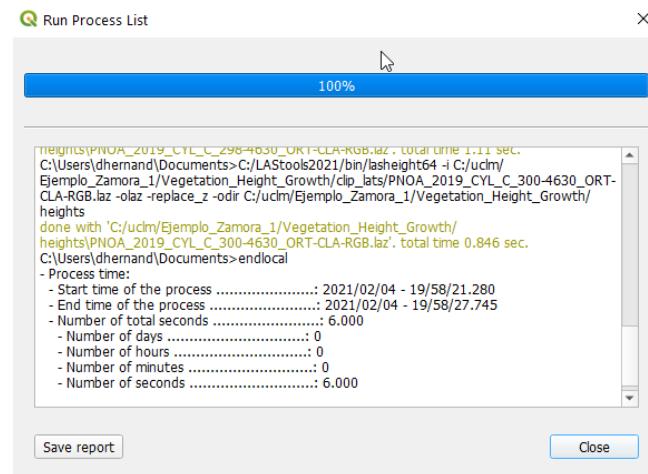
Si se mantiene la misma ruta se renombrarán los ficheros, añadiendo un sufijo “\_1” en el nombre del fichero.

Antes de añadir los procesos de ficheros a la lista de procesos, hay que vaciar la lista del proceso anterior, salvo que se haya reiniciado QGis, tal y como fue descrito en el segundo proceso.

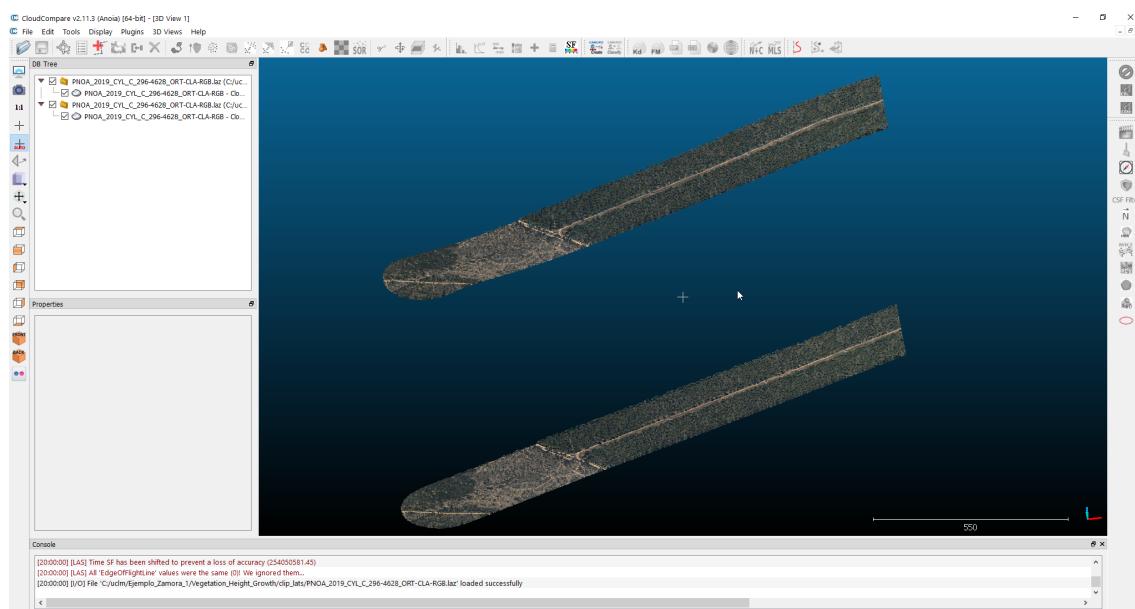
A continuación, se añaden los procesos pulsando en el botón *Add Process to List*, y se comprueba que se han añadido correctamente, pulsando en el botón *Process List Edition*.



Finalmente, tras cerrar el diálogo anterior, se lanza la ejecución pulsando en el botón *Run Process List*, de forma similar al primer proceso.



La siguiente figura ilustra el cambio en la tercera coordenada de los puntos.



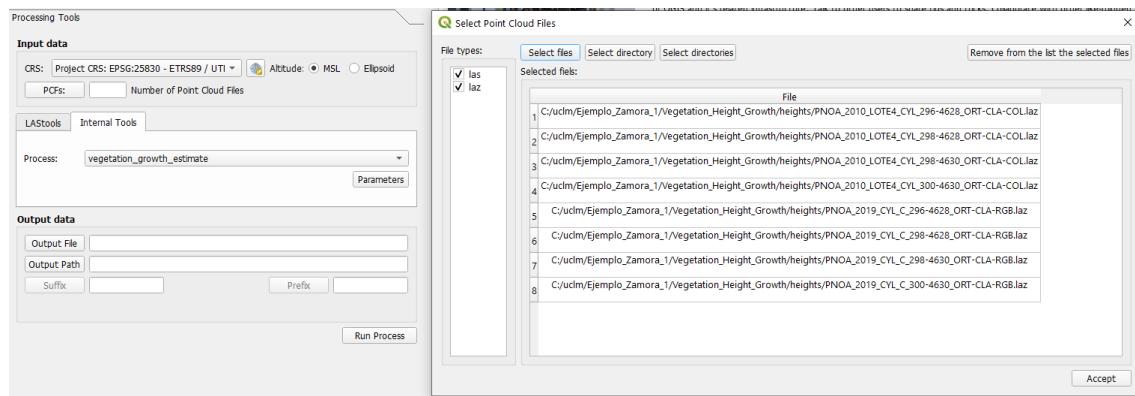
Los ficheros resultantes de este tercer proceso serán los empleados en el siguiente paso.

## 2. Estimación del modelo de crecimiento de la vegetación

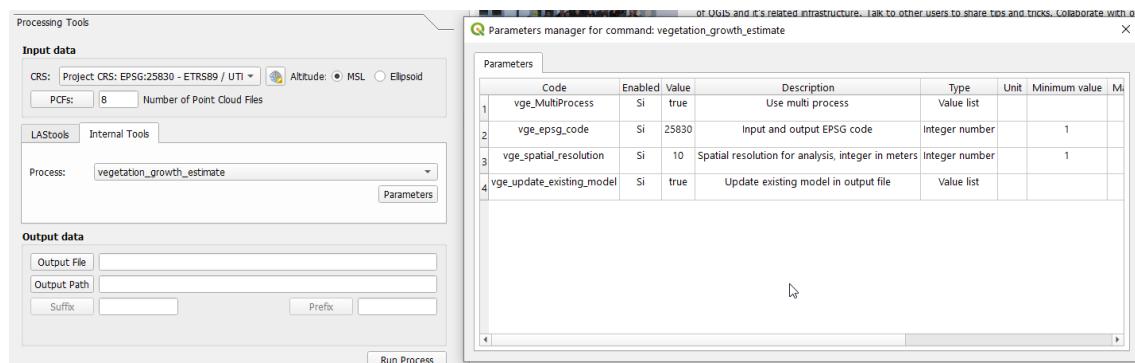
Una vez que se dispone de los ficheros LiDAR con las alturas sobre el terreno en cada punto de vegetación, media (clase 4) o alta (clase 5), ya se puede obtener el modelo de crecimiento anual de vegetación.

Para esto se ha desarrollado una herramienta exprofeso cuyo uso se describe a continuación, posponiendo la explicación del algoritmo para el final del apartado, utilizando los propios resultados en la explicación.

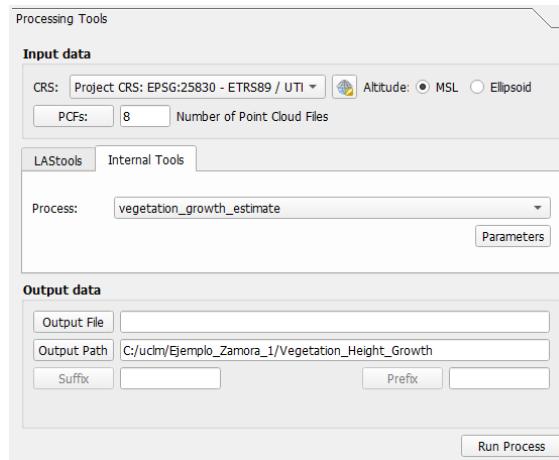
Para lanzar la herramienta se debe desplegar la pestaña *Processing Tools* del complemento *Point Cloud Tools*. De forma similar a los procesos anteriores, se debe elegir el CRS y los ficheros a emplear, que ahora serán los resultantes del cálculo de alturas de vegetación.



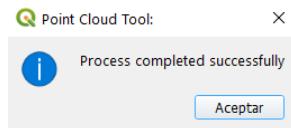
A continuación, se debe elegir la pestaña *Internal Tools* y el proceso *vegetation\_growth\_estimate* y sus parámetros, pulsando en el botón *Parameters*.



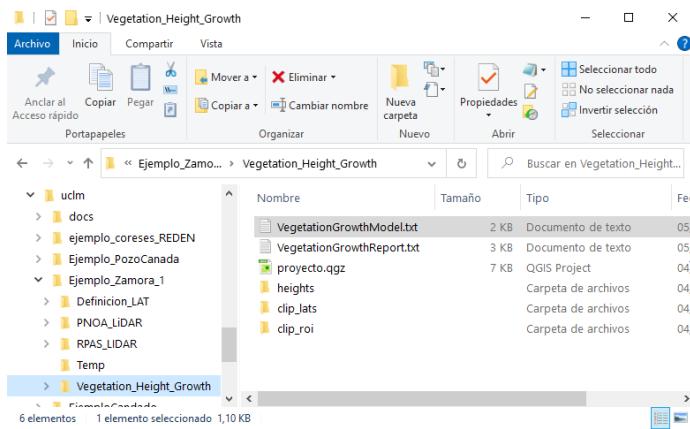
Para este comando se debe seleccionar o un fichero de salida o una ruta de salida, pulsando en el botón correspondiente. El fichero de salida es un fichero ASCII donde se almacena el resultado del modelo y que será utilizado en un proceso del complemento *Model Management Tools*. Si se elige una ruta de salida y no un fichero de salida, el fichero de salida se creará en la ruta de salida con el nombre *VegetationGrowthModel.txt*. También se crea un fichero de informe de resultados en la ruta de salida, con la denominación *VegetationGrowthReport.txt*.



Tras pulsar en el botón *Run Process* se lanza el proceso desplegándose un diálogo de progreso que se cierra al final, desplegando otro que informa del éxito del proceso.



El resultado se concreta en dos ficheros en la ruta elegida.



Para describir brevemente el algoritmo sirve de ayuda visualizar el fichero resultante con el modelo calculado.

```

1 VEGETATION GROWTH ESTIMATION FROM POINT CLOUDS MODEL
2 - Stretch ..... # 2
3   - Number of values ..... # 1183
4   - Mean value (m) ..... # 0.12
5   - Std value (m) ..... # 0.09
6   - Percentil value 5% (m) ..... # 0.02
7   - Percentil value 95% (m) ..... # 0.42
8 - Stretch ..... # 5
9   - Number of values ..... # 5091
10  - Mean value (m) ..... # 0.13
11  - Std value (m) ..... # 0.05
12  - Percentil value 5% (m) ..... # 0.04
13  - Percentil value 95% (m) ..... # 0.29
14 - Stretch ..... # 10
15   - Number of values ..... # 3634
16   - Mean value (m) ..... # 0.11
17   - Std value (m) ..... # 0.04
18   - Percentil value 5% (m) ..... # 0.04
19   - Percentil value 95% (m) ..... # 0.22
20 - Stretch ..... # 20
21   - Number of values ..... # 0
22 - Stretch ..... # 30
23   - Number of values ..... # 0
24 - Stretch ..... # 40
25   - Number of values ..... # 0
26

```

length : 1.135 lines : 26 Ln : 1 Col : 1 Sel : 0 | 0 Windows (CR LF) UTF-8 IN

Se calcula la tasa de crecimiento anual expresada como una magnitud lineal en metros. El valor calculado depende del rango de alturas inicial del árbol, considerándose 7 tramos: de 0 a 2 m, de 2 a 5 m, de 5 a 10 m, de 10 a 20 m, de 20 a 30 m, de 30 a 40 m y por encima de 40 m. En este caso no se ha calculado modelo para los tres últimos tramos porque no hay arboles con tanta altura.

Para cada tramo, con todos los ficheros de todas las fechas se calcula el mayor crecimiento anual en cada recinto de 10x10 m, realizándose un análisis estadístico sobre la muestra integrada por todos los recintos. En cada muestra se eliminan los valores extremos, por debajo del percentil 5% y por encima del percentil 95%, y con los valores restantes se estima la media y desviación típica muestral. Posteriormente, en la aplicación del modelo, el usuario podrá elegir el nivel de confianza entre: 68%, 1 sigma, 90%, 1.645 sigma, 95%, 1.960 sigma, o 99%, 2.576 sigma.

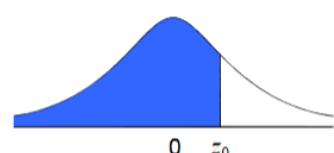
#### Probabilidad acumulada inferior para distribución normal N(0,1)

[www.vaxasoftware.com](http://www.vaxasoftware.com)

$\mu$  = Media

$\sigma$  = Desviación típica

$$P(z \leq z_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_0} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$



Tipificación:  $z_0 = \frac{x - \mu}{\sigma}$

$z_0$	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	$z_0$
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359	0,0
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753	0,1
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141	0,2
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517	0,3
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879	0,4
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224	0,5
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549	0,6

3,2	0,99931	0,99934	0,99936	0,99938	0,99940	0,99942	0,99944	0,99946	0,99948	0,99950	3,2
3,3	0,99952	0,99953	0,99955	0,99957	0,99958	0,99960	0,99961	0,99962	0,99964	0,99965	3,3
3,4	0,99966	0,99968	0,99969	0,99970	0,99971	0,99972	0,99973	0,99974	0,99975	0,99976	3,4
3,5	0,99977	0,99978	0,99978	0,99979	0,99980	0,99981	0,99981	0,99982	0,99983	0,99983	3,5
3,6	0,99984	0,99985	0,99985	0,99986	0,99986	0,99987	0,99987	0,99988	0,99988	0,99989	3,6
3,7	0,99989	0,99990	0,99990	0,99990	0,99991	0,99991	0,99992	0,99992	0,99992	0,99992	3,7
3,8	0,99993	0,99993	0,99993	0,99994	0,99994	0,99994	0,99994	0,99995	0,99995	0,99995	3,8
3,9	0,99995	0,99995	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99997	0,99997	3,9

1- $\alpha$	90%	92%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
$\alpha$	10%	8%	6%	5%	4%	3%	2%	1%
$z_{\alpha/2}$	1,645	1,751	1,881	1,960	2,054	2,170	2,326	2,576
$z_\alpha$	1,282	1,405	1,555	1,645	1,751	1,881	2,054	2,326

[www.vaxasoftware.com](http://www.vaxasoftware.com)

Siendo:

1- $\alpha$  = Nivel de confianza  
 $\alpha$  = Nivel de significación

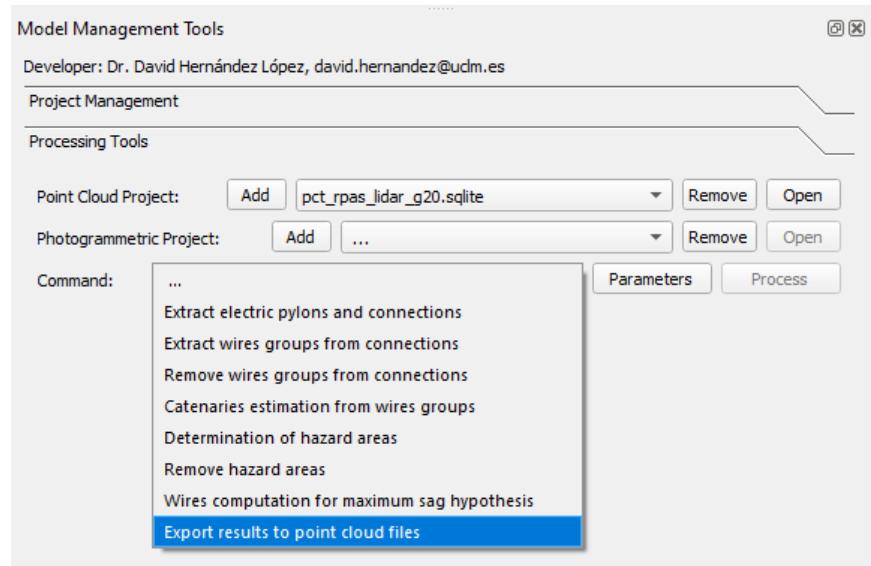
La forma de estimar la predicción de altura sobre el terreno por crecimiento de un punto se realizará leyendo el valor de la media y desviación típica del tramo correspondiente a la altura inicial del punto, y se le sumará el resultado de multiplicar el número de años de la extrapolación a la suma del valor medio y el número de veces la desviación típica correspondiente al nivel de confianza elegido por el usuario.

Si existe el fichero de resultados del modelo, en lugar de eliminarlo y reemplazar por los nuevos resultados, el algoritmo obtendrá unos resultados por la combinación de los existentes con los calculados en el nuevo proceso, de forma que un modelo se pueda ir mejorando al incorporar información de otras zonas, o, si se prefiere, se calcule un modelo para cada zona de interés, debido a que el usuario considere que funcionará mejor así al tratarse de otras especies de arbolado, por ejemplo. En el algoritmo de cálculo de áreas de riesgo se elige el fichero de modelo de crecimiento que se desea utilizar, el número de años de la extrapolación y el nivel de confianza correspondiente a la fiabilidad de la extrapolación.

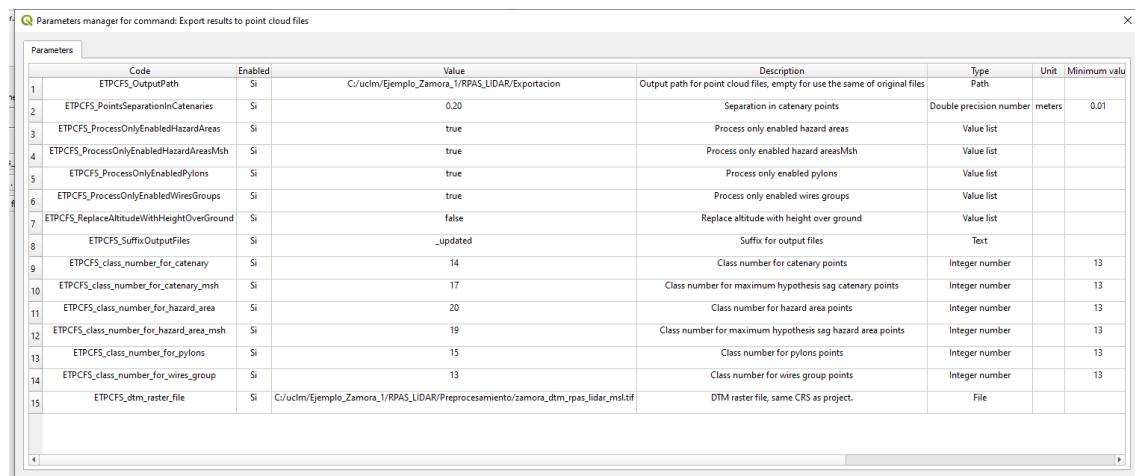
## 7. EXPORTACIÓN DE NUBES DE PUNTOS CON CLASIFICACIÓN DE OBJETOS Y ÁREAS DE RIESGO

Se ha incorporado una funcionalidad para exportar los ficheros de las nubes de puntos utilizados en el proyecto alterando la clase de los puntos para incluir los objetos detectados y las áreas de riesgo, añadiéndose además los puntos de las formas paramétricas, de las catenarias, con una separación entre puntos elegida como parámetro. Se proponen unos valores acordados para las clases, pero el operador puede modificarlos dentro del rango válido.

Esta funcionalidad se encuentra accesible como un proceso más.

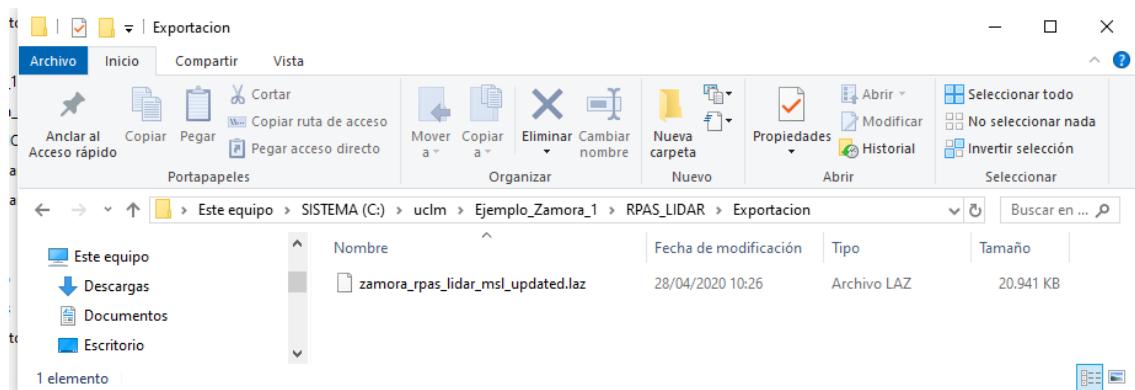


Los parámetros a elegir son accesibles, como en cualquier otro proceso, al pulsar en el botón *Parameters* tras elegir el comando correspondiente.

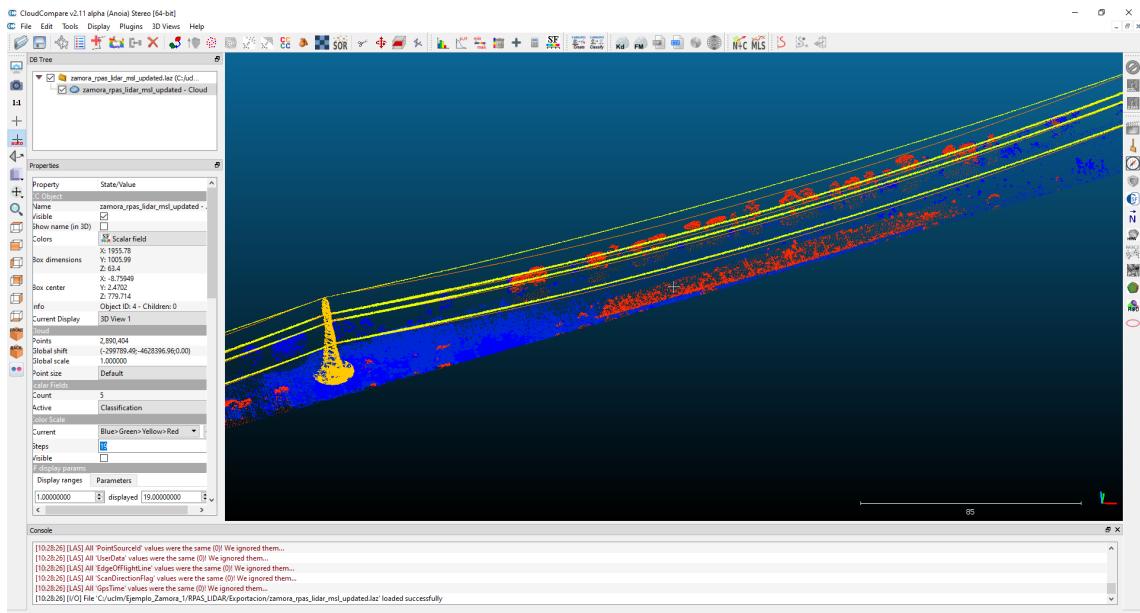


Se debe elegir la ruta de salida, el sufijo a añadir al nombre del fichero. También se puede indicar que se quiere convertir las altitudes a alturas respecto del terreno, para lo que se debe indicar el MDT correcto.

La duración del proceso dependerá del tamaño de los ficheros. En los dos ejemplos contemplados son segundos.



Para comprobar la nueva asignación de clases se puede utilizar el programa Cloud Compare.



A continuación, se ilustran los resultados para el caso del ejemplo de PNOA LIDAR.

Parameters manager for command: Export results to point cloud files

	Code	Enabled	Value	Description	Type	Unit	Minimum value	Maximum value
1	ETPCFS_OutputPath	Si	C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LiDAR/Exportacion	Output path for point cloud files, empty for use the same of original files	Path			
2	ETPCFS_PointsSeparationInCatenaries	Si	0.20	Separation in catenary points	Double precision number	meters	0.01	1.00
3	ETPCFS_ProcessOnlyEnabledHazardAreas	Si	true	Process only enabled hazard areas	Value list			
4	ETPCFS_ProcessOnlyEnabledHazardAreasMsh	Si	true	Process only enabled hazard area/msh	Value list			
5	ETPCFS_ProcessOnlyEnabledPylons	Si	true	Process only enabled pylons	Value list			
6	ETPCFS_ProcessOnlyEnabledWireGroups	Si	true	Process only enabled wires groups	Value list			
7	ETPCFS_ReplaceAltitudeWithHeightOverGround	Si	false	Replace altitude with height over ground	Value list			
8	ETPCFS_SuffixOutputFiles	Si	_updated	Suffix for output files	Text			
9	ETPCFS_class_number_for_catenary	Si	14	Class number for catenary points	Integer number		13	20
10	ETPCFS_class_number_for_catenary_msh	Si	17	Class number for maximum hypothesis sag catenary points	Integer number		13	20
11	ETPCFS_class_number_for_hazard_area	Si	20	Class number for hazard area points	Integer number		13	20
12	ETPCFS_class_number_for_hazard_area_msh	Si	19	Class number for maximum hypothesis sag hazard area points	Integer number		13	20
13	ETPCFS_class_number_for_pylons	Si	15	Class number for pylons points	Integer number		13	20
14	ETPCFS_class_number_for_wires_group	Si	13	Class number for wires group points	Integer number		13	20
15	ETPCFS_dtm_raster_file	Si	C:/uclm/Ejemplo_Zamora_1/PNOA_LiDAR/Reprocesamiento/zamora_dtm_pnoa_lidar.tif	DTM raster file, same CRS as project.	File			

Exportación

Este equipo > SISTEMA (C:) > uclm > Ejemplo\_Zamora\_1 > PNOA\_LiDAR > Exportacion

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
zamora_pnoa_lidar_updated.laz	28/04/2020 10:37	Archivo LAZ	297 KB

