



# **UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA**

## **CENTRO UNIVERSITARIO DE MÉRIDA**

### **GRADO EN INGENIERIA EN GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA**

#### **TRABAJO FIN DE GRADO**

**TÍTULO: GENERACIÓN VECTORIAL A TRAVÉS DE FOTOGRAMETRÍA AUTOMATIZADA DE UN DESPRENDIMIENTO EN EL PARQUE NACIONAL DE MONFRAGÜE E IMPLEMENTACIÓN DE UNA IDE.**

AUTORA DEL TRABAJO FIN DE GRADO: MARÍA ÁNGELES MARCELO RUBIO.

Fdo:

TUTOR FIN DE GRADO: GUILLERMO PIRIZ MIRA.

Fdo:

Mérida, 3 de septiembre de 2019.

---

## INDICE

Memoria del trabajo fin de grado .....	4
1.- ANTECEDENTES .....	4
2.- INTRODUCCIÓN.....	5
3.- ÁREA DE ESTUDIO.....	7
4.- MATERIAL UTILIZADO .....	8
4.1.- Cámara. ....	8
4.2.- Imágenes. ....	8
4.3.- GPS Garmin Montana 680t. ....	9
4.4.- Software .....	9
4.5.- Hardware.....	14
5.- METODOLOGÍA.....	14
5.1.- Toma de datos_primera fase. ....	14
5.2.- Construcción de la nube de puntos y modelo 3D_segunda fase. ....	18
5.2.1.- Carga de imágenes.....	19
5.2.2.- Calculo de la geometría. ....	21
5.2.2.1.- Alinear fotos. ....	21
5.2.2.2.- Generación de la nube de puntos. ....	22
5.2.2.3.- Construcción de la Malla. ....	24
5.2.2.4.- Creación de Textura.....	25
5.3.- Georreferenciación del modelo 3D a partir de los puntos de control tomados mediante GPS. ....	27
6.- PRODUCTO GENERADO .....	28
6.1.- Qué son los MDE y los MDT. ....	28
6.2.- Exportación del modelo como MDE. ....	29
6.3.- Exportación de la nube de puntos y creación del MDT. ....	32
7.- Construcción de una IDE mediante GeoServer.....	39
7.1.- Qué es una IDE.....	39
7.2.- Elementos necesarios para desarrollar una IDE .....	39
7.3.- GEOSERVER. ....	41
7.3.1.- Qué es Geoserver .....	41
7.3.1.2.- Características más significativas . ....	41

7.3.2.- Trabajo previo a la instalación de Geoserver. ....	41
7.3.3.- Instalación de Geoserver. ....	41
7.3.4.- El espacio de trabajo. ....	42
7.3.5.- Almacen de datos. ....	44
7.3.6.- Inlcuir Datos Raster. ....	46
7.3.7.- Añadir estilos. ....	48
7.3.8.- Creación del grupo de capas. ....	49
7.3.9.- Previsualización de los grupos de capas ....	52
7.3.10.- Características del servicio Web Map Service. ....	56
7.3.11.- Consulta de las capas a través de clienes pesados SIG: QGIS. ....	56
7.3.12.- Consulta de las capas a través de clientes ligeros: web mapping con librería Leaflet. ....	59
8.- Análisis de los resultados generados. ....	63
9.- Presupuesto. ....	65
10.- Agradecimientos. ....	70
11.- Fuentes de información y consulta. ....	70
12.- Planos. ....	71
1.- Situación. ....	72
1.1.- Emplazamiento. ....	74
2.- Planta deslizamiento. ....	76
3.- Perfil del deslizamiento. ....	78
4.- Alzados y vistas 3d. ....	80
13.- CD-ROM. ....	82

---

## Memoria del trabajo fin de grado

### 1.- ANTECEDENTES

El desarrollo tecnológico e instrumental que estamos viviendo en los últimos tiempos nos lleva a presentar nuevas técnicas de trabajo para datar, ubicar y analizar zonas, elementos patrimoniales de alto valor cultural, arqueológico, geológico y arquitectónico con métodos más asequibles, así como económicos para ciertos sectores. Obtenemos y generamos modelos 3D de elementos de forma rápida, sencilla. Foto-reconstruir el patrimonio geológico. Todo ello gracias al avance de software, a la mejora en los algoritmos para manejar instrumental y programas digitales libres o comerciales de bajo costo.

Este trabajo pretende poner en práctica nuevas técnicas de fotogramétricas basadas en la elaboración de cartografía mediante la toma de fotografías del área de estudio y su posterior tratamiento en diferentes programas informáticos. Además, se demuestra su eficiencia mediante la creación de diferentes mapas a través de una nube de puntos generada a partir de la toma de fotografías del deslizamiento del Desfiladero, ubicado en el Parque Nacional de Monfragüe, en la provincia de Cáceres. Ésta cartografía permite conocer las características topográficas del terreno y ha sido generado con unos costes muy bajos.

En este trabajo de fin de grado se corrobora la agilidad en obtener un modelo 3D georreferenciado con software accesibles y actuales de una manera rápida y módica para datar el patrimonio geológico activo del parque Nacional de Monfragüe.

Como desventaja de este método se puede considerar la calidad métrica, que para este estudio es buena, pero si se quisiera con mayor precisión el coste sería mayor por la instrumentación a utilizar y las condiciones o técnicas de trabajo que se deberían aplicar.

En cuanto a la divulgación del modelado foto-reconstruido o datos de la zona destacar su dinamismo gracias al uso de internet para difundir y manipular la información sin restricciones geográficas.

---

## **PALABRAS CLAVES:**

Reconstrucción, fotogrametría, Monfragüe, Modelo Digital de Elevaciones, deslizamiento, infraestructura de datos espaciales.

## **2.- INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo se plantea como objetivo principal el aplicar los conocimientos obtenidos a lo largo de la titulación para el desarrollo de un problema o caso específico: la fotoreconstrucción 3D de un deslizamiento en el Parque Nacional de Monfragüe y la elaboración de cartografía de este utilizando únicamente una cámara fotográfica convencional, software para la fotoreconstrucción o fotogrametría automatizada y las coordenadas de puntos de control obtenidas a partir de un gps de mano.

Existen numerosas técnicas e instrumental que permiten la captura de datos topográficos y la elaboración de MDEs de fenómenos geomorfológicos. Desde las técnicas de captura clásicas basadas en teodolitos electrónicos o estaciones totales o la fotogrametría analítica y digital clásicas hasta los métodos basados en los sistemas de posicionamiento global (GPS; del inglés Global Positioning System) o en sensores láser, bien sean terrestres (TLS; del inglés Terrestrial Laser Scanner) o aerotransportados (LIDAR).

La reconstrucción fotogramétrica aplicada a la obtención de modelos digitales de elevaciones es una técnica de desarrollo muy reciente que permite obtener MDE (modelos digitales de elevaciones) de una gran resolución minimizando los costes. Estos métodos de fotoreconstrucción se basan en la posibilidad de poder reconstruir en 3D cualquier objeto a partir de su aparición en, al menos, 3 fotografías capturadas desde diferentes puntos de vista. En el apartado metodológico se expone con mayor profundidad el funcionamiento de los algoritmos que permite la fotoreconstrucción. Esta técnica se basa fundamentalmente en la toma de fotografías que, posteriormente, serán tratadas con diferentes programas informáticos para la obtención de una densa nube de puntos en la que cada punto incluye información sobre sus coordenadas (X,Y,Z) y color (R,G,B).

Al tratarse de una técnica de reciente desarrollo, su aplicación a los diferentes ámbitos de la ciencia es bastante limitada. Las excepciones más relevantes en el campo de la geomorfología son los trabajos de James y Robson (2012), Westoby et al. (2012) y Gómez-Gutiérrez et al. (2014). En el primero de ellos (James y Robson) aplicaron técnicas de fotoreconstrucción a diferentes elementos geomorfológicos y analizaron los errores que se producían a varias escalas. Analizaron el modelo generado para una pequeña muestra de roca volcánica, la fotoreconstrucción secuencial de un acantilado para realizar el seguimiento de su dinámica y finalmente elaboraron un modelo 3D del cráter de un volcán. En el segundo trabajo (Westoby et al., 2012), se llevó a cabo la fotoreconstrucción de un glaciar, también de forma secuencial, con el objetivo de cuantificar el retroceso del mismo. Finalmente, Gómez-Gutiérrez et al. (2014) aplicaron la fotoreconstrucción 3D a varias cabeceras de cárcavas en Extremadura, con el objetivo de cuantificar las tasas de avance y la dinámica de las mismas. En estas tres publicaciones en revistas internacionales se habla de la necesidad de analizar los errores y el potencial de estas técnicas en diferentes ambientes y sobre distintos elementos geomorfológicos.

Además, este último autor presenta otros dos trabajos que consisten: Uno de ellos en comparar dos métodos para la obtención de Modelos 3D que permitan estudiar fenómenos físicos a microescala mediante un sistema automático, a través del mismo programa informático libre aquí utilizado, 123D Autodesk Catch, y uno semiautomático 3D foto-reconstrucción basado en la función de escala invariante y la teoría de la geometría epipolar que utiliza fotografías oblicuas y parámetros de calibración de la cámara. Y en otro de ellos, se introduce una nueva aplicación, ya que se tratan las fotografías LDR tomadas para el análisis del glaciar del Corral del Veleta durante los años 2011, 2012 y 2014 evaluando los resultados gracias a la comparación con los Modelos 3D obtenidos con escáner láser terrestre.

Esta técnica tiene aplicación en diferentes campos desde la arquitectura hasta la geomorfología. Sin embargo, en este último campo ha sido aplicada muy recientemente tal y como se expone en los ejemplos anteriormente mencionados. Además, puede realizarse mediante programas informáticos libres o con rangos

de profesionalidad asequible según el uso y resultado que necesitemos podemos ser usuarios profesionales o no, lo que reduce el coste de los diferentes proyectos.

Todos estos pasos generarán Modelos 3D que permitirán:

- Comparar la calidad de los Modelos generados mediante foto-reconstrucción a partir de fotografías sin tratamiento y con tratamiento de su calidad.
- Observar la calidad de los modelos creados mediante dos programas informáticos uno libre y otro comercial.

- Análisis morfológico del desprendimiento y elaboración de cartografía de este para análisis geomorfológicos más profundos a desarrollar en un futuro.

### 3.- **ÁREA DE ESTUDIO.**

El desprendimiento del desfiladero donde se realiza este trabajo fin de grado se encuentra dentro del Parque Nacional de Monfragüe, en la provincia de Cáceres, Extremadura. El entorno donde se ubica el área de estudio es reserva de la Biosfera declarada por la UNESCO desde julio 2003, el parque fue primero declarado parque natural 4 de abril de 1979, posteriormente fue el primer parque nacional de Extremadura en marzo de 2007. Esta zona de estudio se encuentra al margen del río Tajo enclavado cerca del puente del cardenal.



Figura 1: Panorámica del deslizamiento del Desfiladero. Fuente: propia. Año 2016.



Como se puede apreciar en la figura la vegetación de la zona es de matorral, pastos bajos y algunas encinas. Monfragüe se caracterizan por contar con un clima mediterráneo de influencia continental, con las peculiaridades que le confieren la orientación de las sierras y la presencia de ríos. Es un relieve estructural controlado por la litología, situado en la Zona Centroibérica dentro del Dominio de Pliegues Verticales, la geología de este lugar es el Flanco inverso de la estructura de pliegue de casi 30 Km de largo y 7 km ancho, que es el parque Nacional de Monfragüe en su conjunto, es una zona de pizarras con neseuretus. Rocas frágiles dentro de la orografía apalachense donde se sitúa el deslizamiento de estudio dentro del parque.

#### 4.- MATERIAL UTILIZADO

**4.1.- CÁMARA:** Cámara digital réflex (SLR) Nikon D3100 con objetivo AF-S DX Zoom-Nikkor de 18-55 mm y f/3.5-5.6G EDII.

**4.2.- IMÁGENES:** generadas en formato nef (raw) propio de Nikon y jpeg buena donde se registran imágenes con una relación de compresión de aproximadamente 1:4. Sin flash y con diferente sensibilidad ISO y diafragma para generar la imagen HDR posteriormente. Al final se seleccionan las que mejor cubran la zona de estudio y que presenten las mejores características.

**4.3.- GPS GARMIN MONTANA 680t:** para la toma de los puntos de control que usaremos para generar una nube de puntos georreferenciada.

Las características más significativas de este navegador son:

- Pantalla táctil de 4".
- Orientación doble y posicionamiento GPS y GLONASS para controlar tu posición más rápido y con mayor precisión, incluso en los entornos más difíciles.
- Altimetro barométrico que registra los cambios en la presión para determinar tu altitud.
- Track Manager, para la grabación del track.
- Brújula electrónica de tres ejes con altímetro barométrico.
- Un mapa topográfico con cobertura de Europa (1/100 000).



- Incluye una cámara de 8 megapíxeles.

**4.4.- SOFTWARE:** para el tratamiento de las fotografía, modelado y obtención de los modelos digitales del relieve se ha trabajado con los programas AGISOFT PHOTOSCAN y las herramientas Lastools a través QGIS. El resultado posteriormente lo implementaremos en una IDE con el programa GEOSERVER.

→ **Agisoft Photoscan:** es un software autónomo que realiza el procesamiento de imágenes digitales y, mediante la combinación de técnicas de fotogrametría digital y visión por computador, generar una reconstrucción 3D del entorno. Existen dos versiones diferentes. La versión estándar está pensada para usuarios casuales que desean generar nubes de puntos a partir de múltiples imágenes, se puede obtener por un mes en versión demo. La versión profesional incluye funcionalidades específicas para la generación de productos geomáticos. La edición profesional permite obtener ortofotos georeferenciadas de alta resolución y modelos digitales de terrenos con densidad y detalle excepcionales. Si se desea es posible generar la textura fotográfica. Es una potente herramienta topográfica y cartográfica. Todo ello utilizando sistemas de referencia cartográficos estándar. Este software nos ofrece como funciones eficaces Aerotriangulación, Generación de modelos digitales poligonales (con y sin textura); Definición de sistemas de coordenadas geográficas estándar; Generación de modelos digitales de elevación geo-referenciados; Generación de ortofoto verdadera geo-referenciada. Los formatos de imágenes que podemos importarle para realizar las diferentes labores con este software son: JPG; TIFF; PNG; BMP; PPM; OpenEXR. En este trabajo fin de grado se ha importado las imágenes en JPG. Además, AgisoftPhotoScan admite para exportaciones e importaciones modelos 3D creados, georreferenciar... y así poder realizar los diferentes trabajos con este software los formatos: XYZ; KMZ; Collada; VRML;OBJ;PLY;3DS;U3D.

El precio varía según la versión y licencia o licencias que queramos adquirir, además, existe la posibilidad de obtener una licencia educativa en ambas versiones, necesitas una acreditación como estudiante o profesor; si una licencia estándar educacional tiene un precio de 52.65€ y 120.40€ la profesional. El valor de ambas versiones en los tipos de licencia de monopuestos o flotantes puede ir

desde 168€ a 6244.60€, se puede obtener descuentos por número de licencias desde un 10% a un 47% según el número contratado. Estos precios hacen de este software que sea considerado de bajo coste para el modelado 3D y sus funcionalidades.

Estas versiones ofrecen las siguientes funcionalidades:

#### Versión estándar:

- ✓ Triangulación fotogramétrica.
- ✓ Nube de puntos densa
- ✓ Texturizado del modelado 3D

#### Versión profesional:

- ✓ Modelos de elevación georreferenciados
- ✓ DSM y DTM
- ✓ Ortomosaicos de imágenes georeferenciados
- ✓ Medición de distancias, áreas y volúmenes
- ✓ Soporte para puntos de control
- ✓ Detección automática de objetivos
- ✓ Procesamiento imágenes multiespectrales
- ✓ Modelado 4D para escenas dinámicas
- ✓ Scripting en Python

Por sus características, AgisoftPhotoScan Profesional, es adecuado para la documentación fotogramétrica de edificios, yacimientos y objetos arqueológicos, compitiendo y en aplicaciones SIG, en ocasiones superando en eficacia y calidad de resultados LIDAR terrestres y aéreos.

→ **QGIS:** QGIS es un Sistema de Información Geográfica de código abierto. El proyecto nació en mayo de 2002 y se estableció como un proyecto en SourceForge en junio del mismo año. Se ha trabajado duro para hacer que el

software SIG (tradicionalmente software propietario caro) esté al alcance de cualquiera con acceso básico a un ordenador personal. Estamos ante una integración organizada de hardware, software y datos geográficos con el fin de capturar, almacenar, manipular, analizar y visualizar en todas sus formas la información espacialmente referenciada que permitan caracterizar el espacio geográfico para su estudio o gestión.

Actualmente funciona en la mayoría de plataformas Unix, Windows y OS X. Se desarrolla usando el kit de herramientas Qt (<http://qt.digia.com>) y C++. Esto significa que es ligero y tiene una interfaz gráfica de usuario (GUI) agradable y fácil de usar. El objetivo inicial del proyecto era proporcionar un visor de datos SIG. Ha alcanzado un punto en su evolución en el que está siendo usado por muchos para sus necesidades diarias de visualización de datos SIG. La última versión lanzada ha sido la 3.6

Admite diversos formatos de datos ráster y vectoriales, pudiendo añadir nuevos formatos usando la arquitectura de complementos. Se distribuye bajo la **Licencia Pública General GNU (GPL)** desarrollado por **Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)** en **C++**, que permite la visualización edición y análisis de datos geográficos. El desarrollo bajo esta licencia significa que se puede revisar y modificar el código fuente y garantiza que el usuario, siempre tendrá acceso a un programa de SIG que es libre de costo y puede ser libremente modificado.

De sus características podemos decir que proporciona una creciente gama de capacidades a través de sus funciones básicas y complementos. Puede visualizar, gestionar, editar y analizar datos y diseñar mapas imprimibles.

Las características principales incluyen:

1. Visualización y vector de superposición y de datos de trama en diferentes formatos y proyecciones, sin conversión a un formato interno o común.

Los formatos soportados son:

- Espacio habilitado para las tablas PostgreSQL con PostGIS y Spatialite.
- La mayoría de los formatos vectoriales con el apoyo de la biblioteca OGR \*, incluyendo ESRI shapefiles, MapInfo, SDTS y GML.

- Formatos de mapa de bits con el apoyo de la biblioteca de GDAL \*, tales como modelos de elevación digital, la fotografía aérea o imágenes Landsat.
- Lugares de GRASS y mapsets.
- En la línea de datos espaciales se desempeñó como OGC-WMS compatible.

2. Creación de mapas y explorar interactivamente los datos espaciales con una interfaz gráfica de usuario.

Las muchas herramientas útiles disponibles en la interfaz gráfica de usuario incluyen:

- proyección de volar,
- compositor de impresión,
- panel de vista,
- marcadores espaciales,
- identificar y seleccionar las características,
- Editar / Ver / atributos de búsqueda,
- característica de etiquetado,
- superposición de diagrama de vectores
- vector de cambio y la simbología de trama,
- añadir una capa de retícula,
- decorar tu mapa con una flecha al norte, la barra de escala y la etiqueta de derecho de autor,
- guardar y restaurar los proyectos.

3. Creación, edición y exportación de datos espaciales usando:

- herramientas para la digitalización de GRASS y formatos shapefile,
- el plugin georeferencer,
- Herramientas de GPS para la importación y exportación en formato GPX, convertir otros formatos de GPS para GPX, o bajar / subir directamente a una unidad de GPS

4. Realizar el análisis espacial utilizando el plugin para LastTools Shapefiles o el plugin de GRASS integrado, incluyendo:

- álgebra de mapas,
- análisis del terreno,
- modelos hidrológicos,
- análisis de redes,

- y muchos otros
5. Servidor de QGIS – Publica las capas y proyectos de QGIS como OGC compatibles con servicios WMS y WFS. Controla cuales capas, atributos, planos y sistemas de coordenadas son exportados.
  6. Publica mapas en Internet utilizando la capacidad de exportación a archivo de asignaciones (requiere un servidor con UMN MapServer instalado). Publica tus proyectos de QGIS en la web con facilidad. .
  7. Quantum GIS se puede adaptar a necesidades especiales a través de la arquitectura de plugin extensible.

→ **herramientas Lastools:** se trata de una colección de algoritmos que podemos enlazar con QGIS para tenerlos disponibles en su caja de herramientas. Es una colección altamente eficiente, herramientas de línea de comandos multinúcleo para procesar datos LiDAR.. LAStools es la solución más rápida y más eficiente en memoria para el procesamiento LiDAR de múltiples núcleos por lotes y puede convertir miles de millones de puntos LiDAR en productos útiles a altas velocidades y con bajos requisitos de memoria. En su web oficial se tienen todas las herramientas explicadas y se pueden conseguir los diferentes paquetes que necesitemos para trabajar bajo coste según necesidades y tipo de licencia (aunque la web es en inglés se puede traducir, así cualquier usuario poder entenderla)

→ **GEOSERVER:** es un servidor web de alto rendimiento, que le permite servir mapas y datos desde una variedad de formatos a clientes estándar tales como navegadores web y programas GIS de escritorio. Los datos se publican a través de interfaces basadas en estándares, como WMS, WFS, WCS, WPS, Tile Caching y más. GeoServer viene con una interfaz de administración basada en navegador y se conecta a múltiples fuentes de datos en el back-end.

→ **Visualizador Openlayers:** es una librería Javascript Open Source que permite publicar mapas dinámicos en páginas web, hace que sea fácil poner un mapa dinámico en cualquier página web. Puede mostrar teselas de mapas, datos vectoriales y marcadores desde cualquier fuente. Ha sido desarrollado para promover el uso de información geográfica de todo tipo. Y es completamente gratis. Muestra los datos geoespaciales en cualquier navegador web de escritorio moderno o móvil. Es compatible con una gran variedad de tipos de datos y capas

y se ha construido basándose en las últimas tecnologías de navegación como **HTML5**, **WebGL** y **CSS**. Para crear una aplicación web mapping, debemos generar los lenguajes tipo **HTML**, **CSS** y **JavaScript**.

- **HTML** es el lenguaje de marcado de páginas Web y define la estructura del contenido de una página Web.
- **CSS** es lo que hace bonita a una página web, describe la apariencia y el formato (*Cascading Style Sheets* u hojas de estilo en cascada).
- **JavaScript** es el lenguaje de programación Web para crear aplicaciones que se ejecutan en el navegador y le da funcionalidad a las aplicaciones que se ejecutan en el navegador. Utilizado tanto por **Google Maps** como por los principales clientes de mapas web *open source* (**OpenLayers** o **Leaflet**).

**4.5. HARDWARE:** he utilizado un ordenador portátil marca Hp con las siguientes características generales:

- Sistema Operativo: Windows 8.1. 64 bits.
- Procesador: AMD E1-6015 APU with Radeon™ R2 Graphics 1.40 Gz. X64.
- Memoria Ram 4.00 GB.

## 5.- METODOLOGÍA

La metodología utilizada para desarrollar este trabajo fin de grado se puede dividir en dos fases, la primera la toma de imágenes digitales junto a los puntos de control en el deslizamiento natural “El Desfiladero”. Y la segunda, el proceso digital de los datos para conseguir los objetivos del presente documento.

### 5.1.- Toma de datos.

#### PRIMERA FASE

Esta fase se realizó el 30/10/2017, con unas condiciones climatológicas buenas para el trabajo fin de grado, y existiendo aun vegetación con arbolada sin secar ni caer aun siendo otoño en la zona de estudio.

En primer lugar, posicionamos los target para cubrir la zona con 12 puntos de control, cuyas coordenadas se tomaron con un gps **GARMIN MONTANA 680t**. posteriormente se volcaron los datos en el ordenador y con el programa garmin se obtuvieron los archivos con extensión \*.txt que presentaban las coordenadas cartesianas geográficas y rectangulares junto con la altitud de los puntos de control colocados para cubrir toda la zona de estudio del deslizamiento. Fichero que necesitaremos más adelante cuando creamos los marcadores para generar el modelo tridimensional a partir de estos puntos de control.

Ese mismo día, se tomaron las imágenes en formato NEFF(Nikon Electronic Format), se trata del formato Raw de Nikon. Además, como la cámara lo permite por sus características se realizó una toma de imágenes en jpeg por si fueran necesarias y con calidad HDR. Se realizaron con diferentes características de focal, tiempo de exposición, tamaño e iso. Así se consigue capturar toda la información lumínica del deslizamiento, sin pérdidas de información por compresión y los metadatos de la imagen. Obteniendo suficiente información digital del deslizamiento para posteriormente trabajar con los software que permitirán hacer un modelo vectorial en implementarlo en una IDE.

Al realizar la toma de las imágenes se ha prestado atención a los aspectos que hacen viable unas fotografías válidas para el trabajo fin de grado, como son:

- Condiciones meteorológicas adecuadas. Las exposiciones se realizaron un día soleado, cuando el astro rey no proyectaba sombras sobre el deslizamiento. Obteniendo unas imágenes adecuadas para el trabajo.
- Toma de imágenes que cubran la zona de trabajo con un buen recubrimiento entre exposiciones, además que aparezcan identificativos los puntos de control que se usaran posteriormente.
- La calidad de la ISO de la cámara debe ser la misma. Esta sensibilidad nos marca la cantidad de luz que necesita la cámara para hacer una fotografía. Las imágenes válidas para este trabajo se han tomado con unas ISO de 200.
- La velocidad de obturación, no debe ser muy rápida, nos indica cuanto tiempo permanece abierto el obturador de la máquina.

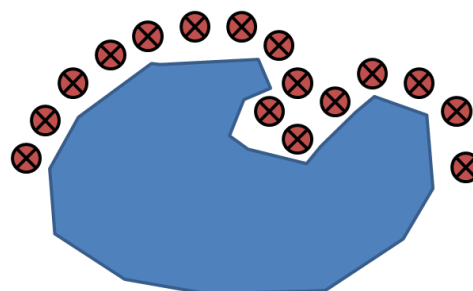


- El encuadre, que resulta de colocar la cámara en una posición precisa, concreta según una perspectiva para cubrir bien la zona que va a parecer en la pantalla o cuadro. Hablamos de dos tiempo de encuadre: vertical u horizontal.
- Toma, varios fotogramas, o lo que es lo mismo, fragmento de película que corre en la cámara entre la puesta en marcha y su detención, cada una de las veces que se ejecuta un mismo plano.
- Plano, fragmento de película comprendido entre dos cambios de encuadre más toma. Se considera el lugar donde que ocupa la zona a fotografiar.
- Ángulo, la posición de la cámara frente a la zona a fotografiar. Podemos hablar de cinco tipos de ángulos: normal, picado, cenital, nadir y contrapicado.

En líneas generales podemos decir que, la mayoría de imágenes se han tomado con un plano general, ángulo normal y encuadre horizontal. La focal de nuestras imágenes ha sido de  $f/9$  con un tiempo de exposición de 320 segundos, se han elegido las de estas características por ser las de mejor calidad tanto en recubrimiento, métricas y de iluminación. Despreciando para este trabajo fin de grados las imágenes realizadas con  $f/8$ ,  $f/9$  y  $f/10$ , con tiempos de exposición 250 s y 400 s respectivamente, con la misma iso de 200.

Tras el proceso de toma de imágenes se seleccionaron un total de 52 fotografías en alta calidad para que todos los puntos del objeto aparezcan en dos imágenes como mínimo, de este modo el software será capaz de reconocerlos y alinearlos.

Para conseguir este objetivo se planifico la toma de fotografías mediante un croquis donde se indicó la posición de la cámara.



Croquis de toma de imágenes.

Las imágenes finales para trabajar en la generación del modelo vectorial serán:

ID_imágenes	Tipo de Archivo	Tamaño (MB)	Dimensiones (Ancho x Alto)	Resolución horizontal	Resolución vertical
DSC_0001	JPG	7,91	4602 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0011	JPG	7,57	4603 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0013	JPG	7,47	4604 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0017	JPG	7,46	4605 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0018	JPG	7,45	4606 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0024	JPG	7,59	4607 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0025	JPG	7,79	4608 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0033	JPG	7,68	4609 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0034	JPG	7,37	4610 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0035	JPG	7,46	4611 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0037	JPG	7,73	4612 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0038	JPG	7,56	4613 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0039	JPG	7,89	4614 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0040	JPG	7,68	4615 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0041	JPG	7,57	4616 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0042	JPG	7,58	4617 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0043	JPG	7,63	4618 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0044	JPG	7,63	4619 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0045	JPG	7,68	4620 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0046	JPG	7,69	4621 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0047	JPG	7,66	4622 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0048	JPG	7,8	4623 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0049	JPG	7,48	4624 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0050	JPG	7,77	4625 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0051	JPG	7,74	4626 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0052	JPG	7,79	4627 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0055	JPG	7,69	4628 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0056	JPG	7,75	4629 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0057	JPG	7,77	4630 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0058	JPG	7,6	4631 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0062	JPG	7,75	4632 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0063	JPG	7,54	4633 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0072	JPG	7,79	4634 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0073	JPG	7,47	4635 x 3072	300 ppp	300 ppp

ID_imágenes	Tipo de Archivo	Tamaño (MB)	Dimensiones (Ancho x Alto)	Resolución horizontal	Resolución vertical
DSC_0082	JPG	7,62	4637 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0083	JPG	7,75	4638 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0084	JPG	7,69	4639 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0088	JPG	7,62	4640 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0089	JPG	7,63	4641 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0090	JPG	7,71	4642 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0091	JPG	7,59	4643 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0092	JPG	7,68	4644 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0093	JPG	7,71	4645 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0094	JPG	7,69	4646 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0099	JPG	7,78	4647 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0101	JPG	7,76	4648 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0102	JPG	7,62	4649 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0104	JPG	7,65	4650 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0105	JPG	7,58	4651 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0106	JPG	7,73	4652 x 3072	300 ppp	300 ppp
DSC_0109	JPG	7,69	4653 x 3072	300 ppp	300 ppp

Tabla 1: Características de las fotografías utilizadas para el modelo 3D. Fuente propia. Año 2019

## 5.2.- Construcción de la nube de puntos y modelo 3D.

### SEGUNDA FASE

La parte más laboriosa compleja y final del tratamiento de toda esta información con los softwares que permitirán tener un modelo vectorial, georreferenciado, medible e implementarlo en una ide.

La técnica que se va a utilizar en el proyecto es la foto-reconstrucción mediante el software Agisoft-Photoscan y su posterior publicación en Internet mediante una IDE (Infraestructura de datos espaciales). El proceso que se va a ejecutar es el siguiente.

En este apartado se muestran los pasos realizados para crear el modelo 3D a partir de las fotografías seleccionadas de la zona de estudio.

Este proceso se ha llevado a cabo de la siguiente manera, se han ejecutado los pasos siguientes:

---

### 5.2.1-. Carga de imágenes.

El primer paso consistió en realizar la carga de las fotografías al software Agisoft Photoscan. Para este fin es necesario crear en la aplicación un Chuck, *(denominación que recibe la agrupación de fotos utilizadas para crear el modelo)*.

Para este trabajo AgisoftPhotoScan ha generado un Chuck con la siguiente información que presenta la siguiente ventana del programa.

Chunk 1

Propiedad	Valor
<b>Generales</b>	
Cámaras	52
Cámaras alineadas	50
Marcadores	4
<b>Nube de puntos</b>	
Puntos	163 719 of 345 216
Superposición efectiva	3.45841
Error de reproyección	0.36435 (1.12676 max)
▼ <b>Parámetros de orientación</b>	
Precisión	Alta
Pre-procesar emparejamiento de imágenes	Genérico
Nº máximo de puntos por foto	40 000
Restricción de máscara activa	No
Tiempo de busca de puntos respectivos	11 minutos 43 segundos
Tiempo de alineación	5 minutos 47 segundos
<b>Nube de puntos densa</b>	
Puntos	11 776 537
▼ <b>Parámetros de reconstrucción</b>	
Calidad	Alta
Filtración de mapas de profundidad	Agresivo
Tiempo de procesamiento	26 minutos 35 segundos
<b>Modelo</b>	
Caras	566 732
Vértices	287 977
Textura	4 096x4 096 (8u)
▼ <b>Parámetros de reconstrucción</b>	
Tipo de superficie	Arbitrario
Datos fuente	Denso
Interpolación	Habilitada
Calidad	Alta
Filtración de mapas de profundidad	Agresivo
Número de caras	898 328
Tiempo de procesamiento	21 minutos 3 segundos
▼ <b>Parámetros de texturizado</b>	
Modo de mapeado	Genérico
Modo de mezcla	Mosaico
Anchura	4 096
Altura	4 096
Tiempo de procesamiento	2 minutos 52 segundos

Cerrar

Figura 2: Información final del Chunk (espacio de trabajo). Fuente propia. Año 2019

Una vez añadidas las fotos podemos verlas a un tamaño reducido en un panel en la parte inferior del software. Y en la parte izquierda el listado de ellas y su ubicación como si fuera un buscador de Windows, lo que nos permite una selección rápida y poder visualizar donde se encuentra en el área de trabajo.

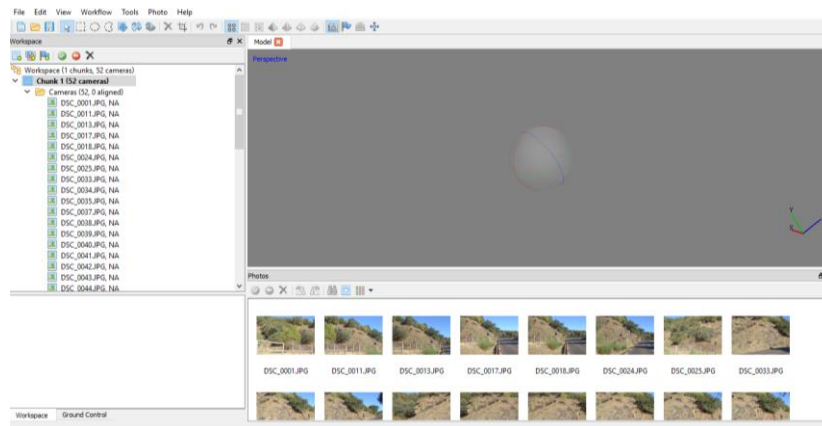


Figura 3: El proceso de añadir las fotos a AgisoftPhotoScan. Fuente propia. Año 2019

## 5.2.2.- Cálculo de la geometría.

Con la información añadida ya puedo empezar a crear el modelo, para lo cual es necesario realizar varias operaciones sucesivas (Alinear fotos, Construir la Nube densa, Construir la Malla, Construir Textura), en las que nos permite seleccionar diferentes parámetros para obtener la mejor resolución posible, las realizaremos a través del menú Workflow.

### 5.2.2.1. Alienar fotos.

En el primer paso, realizaremos la alineación de las fotografías mediante la herramienta "Align Photos". A partir de la relación existente entre las imágenes el programa crea una nube de puntos dispersa después del procesado como se muestra en la imagen siguiente:

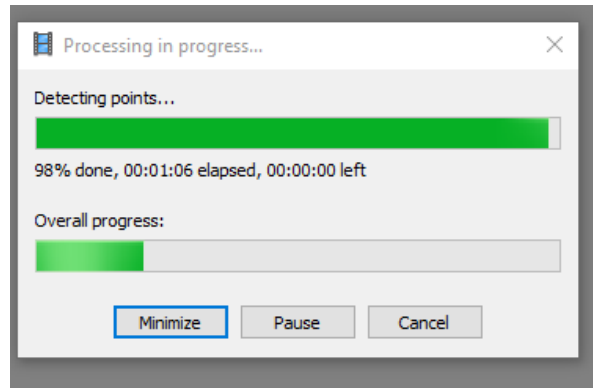


Figura 4: Proceso de alineación de fotografías. Fuente propia. Año 2019

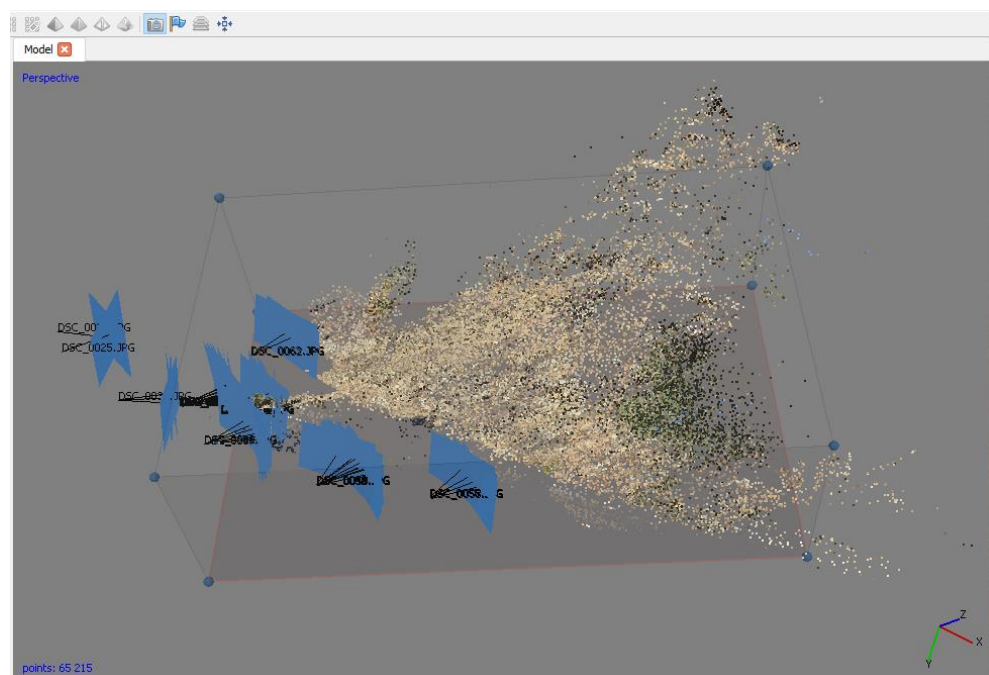
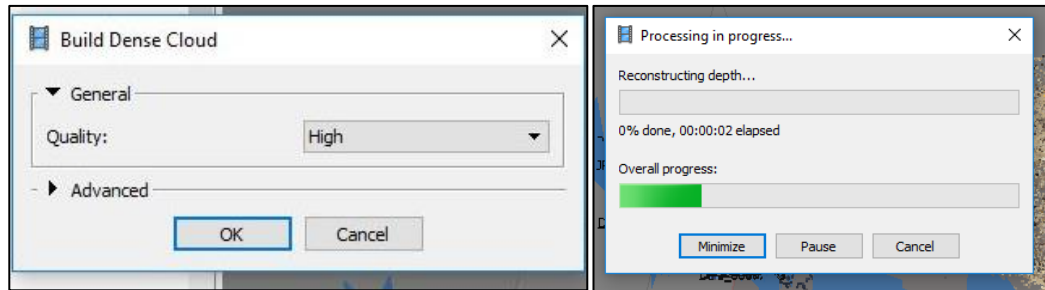


Figura 5: Resultado del proceso de alineación. Fuente propia. Año 2019

### 5.2.2.2. Generación de la Nube densa.

Continuo, la generación y trabajo de los datos utilizando la herramienta “Build Dense Cloud”; cuya función es aumentar la densidad de la nube de puntos con el objetivo de construir una nube densa. En este proceso se definen la densidad a High, condición que va a condicionar la precisión en la construcción de la Malla. Etapa que requiere una elevada cantidad de tiempo, ya que los algoritmos de cálculo manejan una gran cantidad de información.





Figuras 6: Selección de la opción Quality High para creación de la nube densa y proceso de generación de la nube densa.

Fuente propia. Año 2019

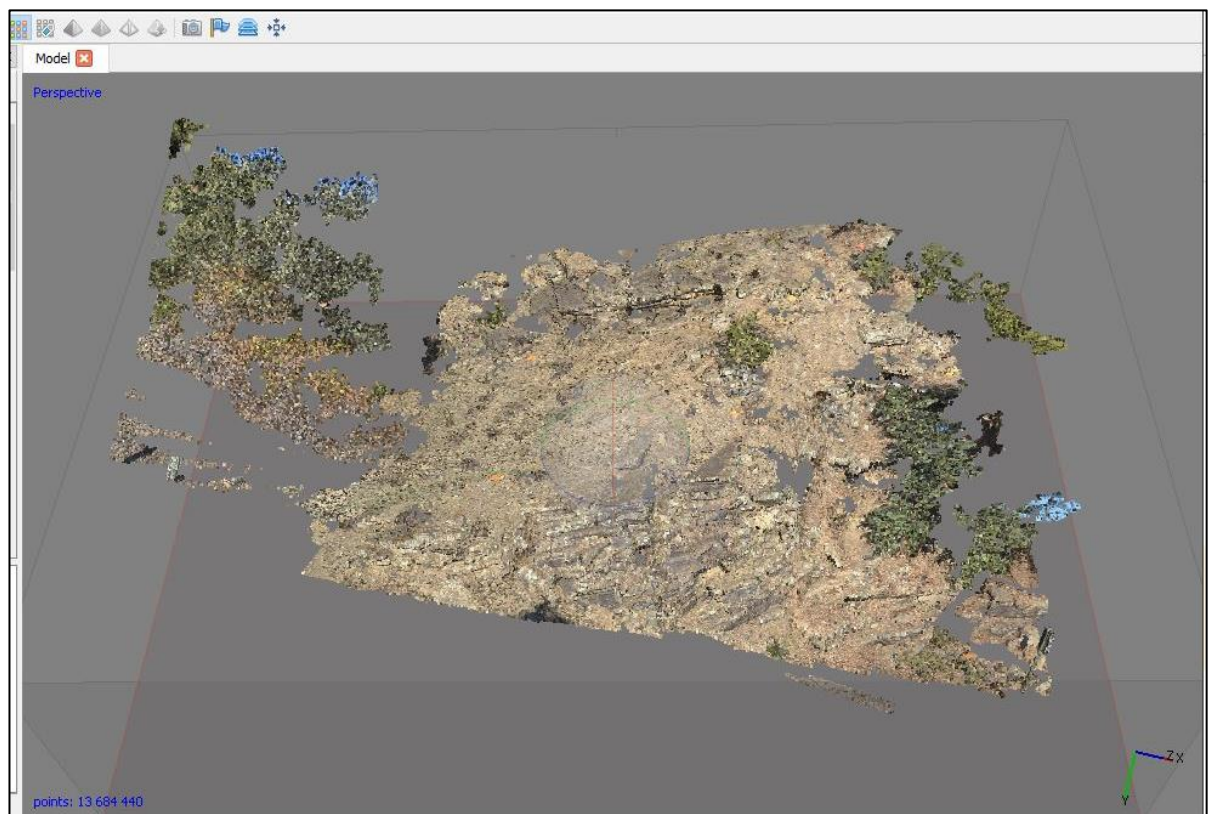


Figura 7: nube densa. Fuente propia. Año 2019

En este paso, aprovecho para eliminar de la nube densa, los puntos que no me interesan para generar el modelo 3D. Usando las herramientas de selección de la interfaz del programa; y a continuación seleccionamos los elementos que con tan solo con pulsar la tecla suprimir desaparecen de la escena. Ejecutar esta limpieza ahora me ayudara en ahorrar tiempo en los procesos posteriores y mejorar la presentación del resultado.

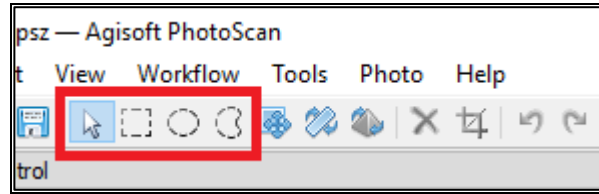
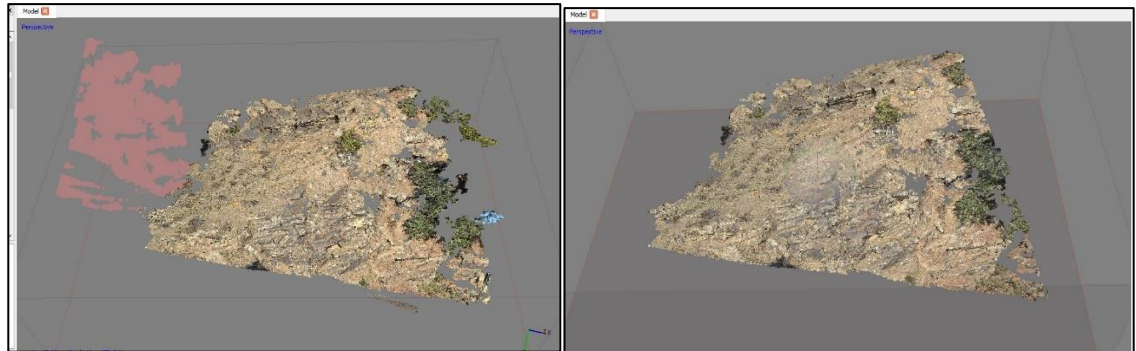


Figura 8: herramientas de selección. Fuente propia. Año 2019



Figuras 9: correspondientes a la selección de los puntos de la nube y el resultado tras su eliminación. Fuente propia. Año 2019

### 5.2.2.3. Construcción de la Malla.

A continuación, el proceso de construcción de la Malla (Build Mesh...) su finalidad es crear una malla poligonal tridimensional del objeto de estudio a partir de los elementos geométricos: vértices, aristas y caras.

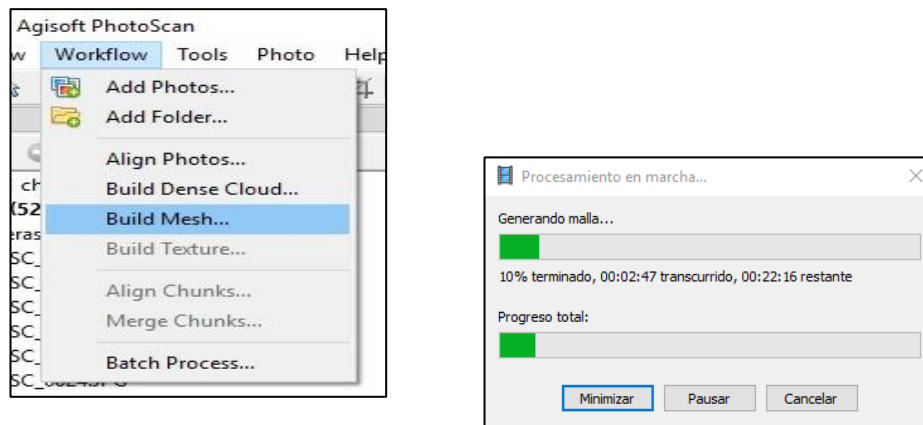


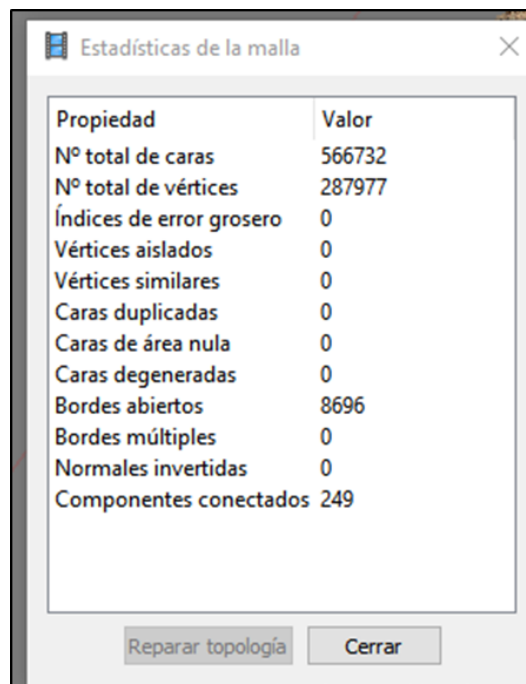
Figura 10: Menú de procesos y ventana generando Malla. Fuente propia. Año 2019

Modelo 3D	
N.º total de caras	Vértices
898.327	1.347.517

Tabla 2. Número de caras y vértices obtenidos con Agisoft PhotoScan. Fuente propia. Año 2019

El tiempo dedicado al proceso de creación de malla es elevado, ya que se trabaja con una gran cantidad de vértices y caras. Asimismo, se ha seleccionado la opción de trabajar con mayor número de caras y puntos para conseguir la mayor precisión posible.

A través del menú desplegable Herramienta > Mallas podemos acceder a las estadísticas de esta. La figura inferior corresponde a los datos de la malla generada.

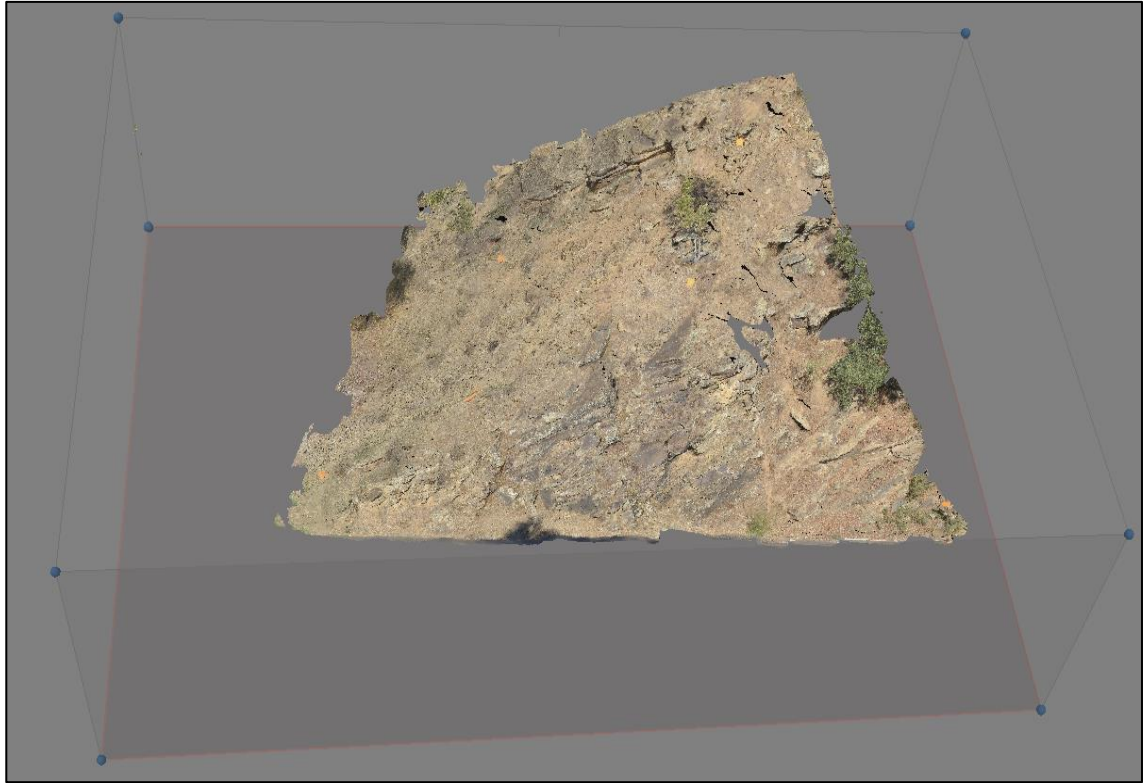


Propiedad	Valor
Nº total de caras	566732
Nº total de vértices	287977
Índices de error grosero	0
Vértices aislados	0
Vértices similares	0
Caras duplicadas	0
Caras de área nula	0
Caras degeneradas	0
Bordes abiertos	8696
Bordes múltiples	0
Normales invertidas	0
Componentes conectados	249

Figura 11: Estadística número de la malla. Fuente propia. Año 2019

#### 5.2.2.4. Creación de la Textura.

Una vez obtenida la Malla, en el menú Workflow se activa la opción Build Texture, podemos crear la textura de la composición. Este paso, consiste en crear un fichero de imagen que el software determina a partir de las imágenes y despliega sobre la Malla para completar la réplica virtual. En este proceso podemos indicar el número de píxeles, lo que determinará aún más la resolución del modelo 3D.



Figuras 12: Visualización del modelo texturizado. Fuente propia. Año 2019

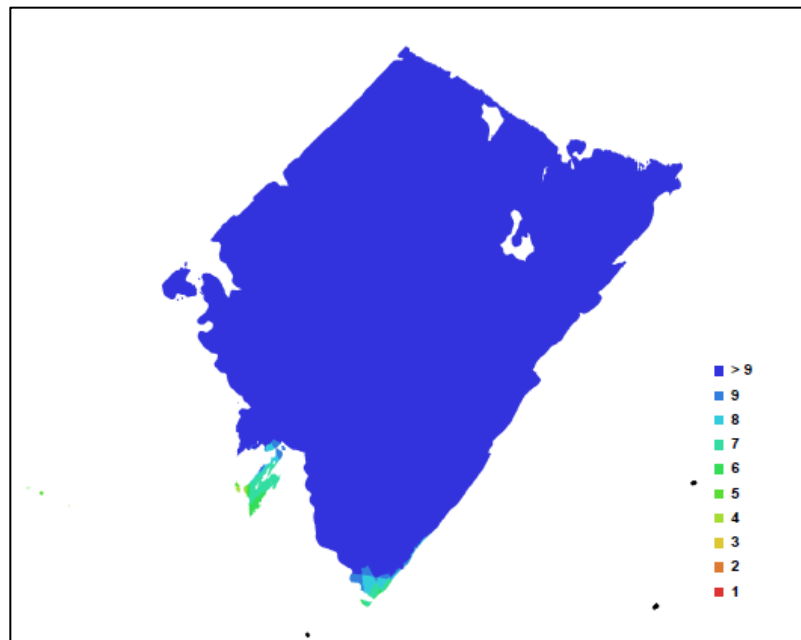


Figura 13: número de imágenes superpuestas para la construcción del modelo. Fuente propia. Año 2019

### 5.3.- Georreferenciación del modelo 3D a partir de los puntos de control tomados mediante GPS.

En este apartado creamos los marcadores, que son los puntos del modelo en los que conocemos las coordenadas X, Y y Z tomadas con el GPS, de tal forma que el modelo quedará escalado y orientado. Una vez creados los marcadores el programa contempla las opciones de importar un fichero txt con las coordenadas o introducirlas de forma manual.

En este trabajo como ya se ha indicado en la primera fase, se ha generado un fichero \*.txt, por lo tanto, se ha tomado la segunda opción para completar los marcadores.

A continuación, pulsando el botón, actualizar, el modelo se escala y orienta rápidamente. Para finalizar exportamos el modelo 3D en formato MDT.

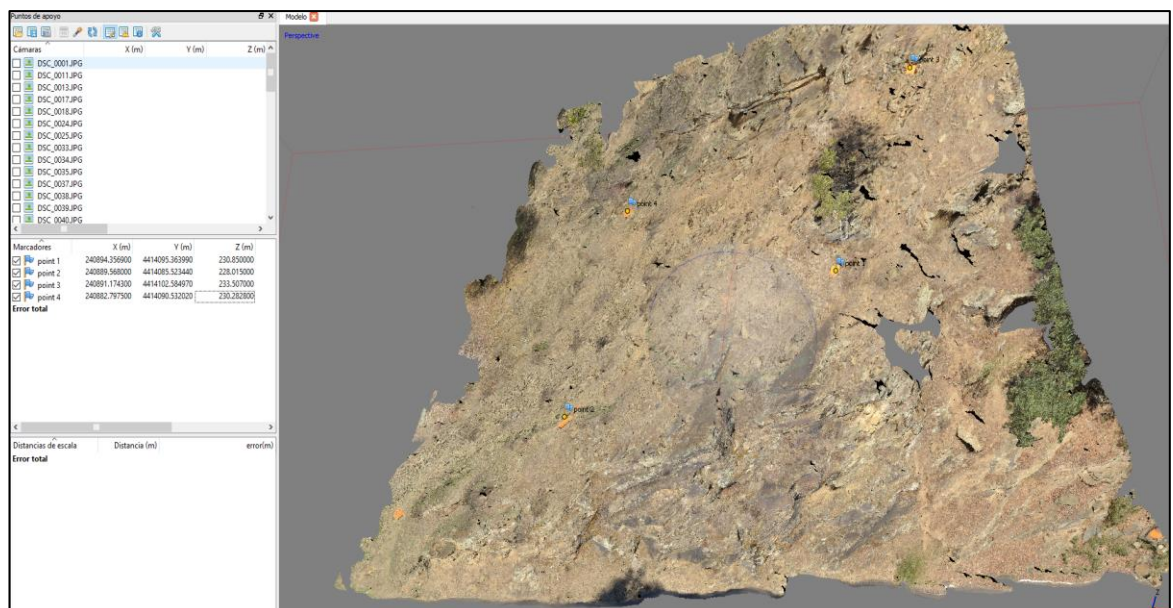


Figura 14: marcadores y coordenadas del modelo 3D. Fuente propia. Año 2019





Figura 15: Vista de planta del modelo con los puntos de control utilizados en la georreferenciación. Fuente propia. Año 2019

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
point 1	-0.603898	0.024169	-0.524271	0.800086	36	0.000076
point 2	-0.039428	-1.126832	0.103994	1.132307	9	0.000078
point 3	-0.413587	-0.051610	0.450349	0.613622	34	0.000061
point 4	1.053501	1.146029	-0.028739	1.556944	26	0.000049
<b>Total</b>	<b>0.641710</b>	<b>0.804111</b>	<b>0.349755</b>	<b>1.086607</b>	<b>105</b>	<b>0.000066</b>

Tabla 3: Puntos de control Fuente propia. Año 2019

## 6.- PRODUCTO GENERADO

### 6.1.- Qué son los MDE y los MDT.

Argisoft permite exportar el modelo 3D en formato ráster y en formato nube de puntos.

El primer formato es un MDE (modelo digital de elevaciones) en el que cada píxel contiene la información altimétrica del modelo. El resultado es una

representación de la superficie del terreno de gran precisión en el que se incluyen construcciones, vegetación, etc.

La segunda opción es mediante la exportación de los datos en formato \*las. Dicho formato se puede procesar, con lo que podemos crear un MDT (modelo digital del terreno). Los MDT son representación del terreno sin ningún tipo de elemento de superficie.

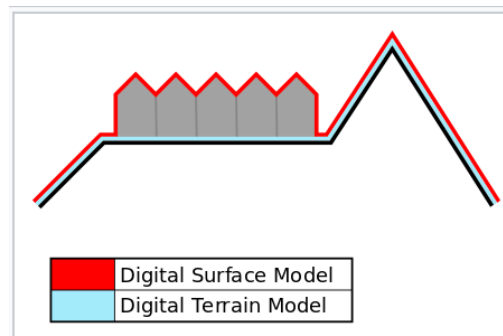


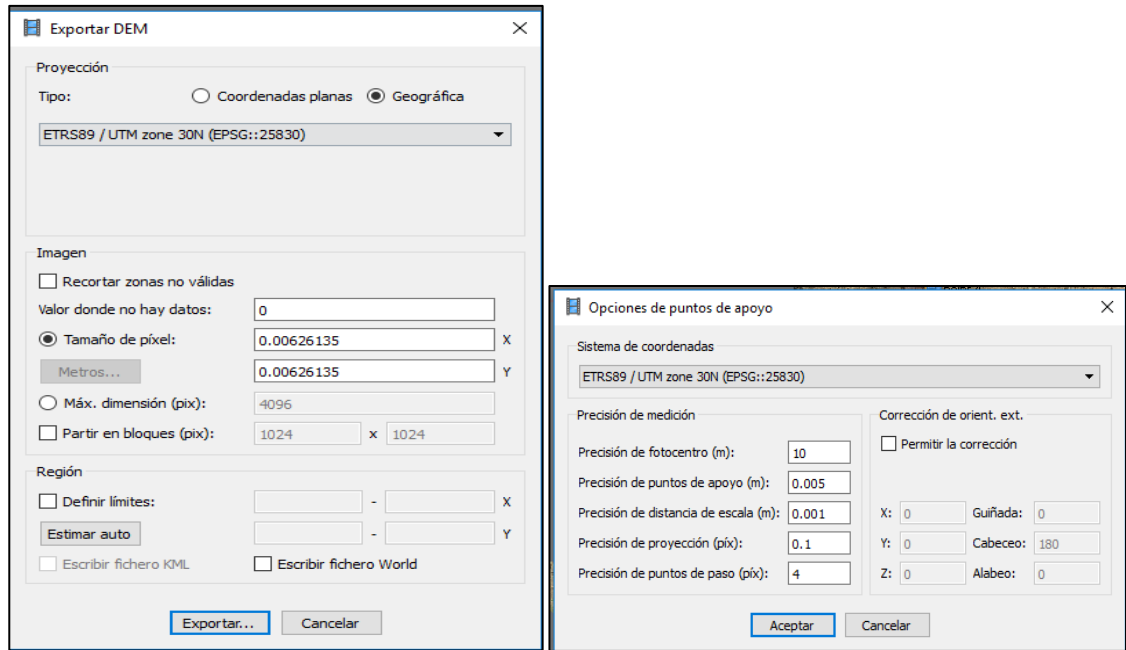
Figura 16: representativa de MDE y MDT. Fuente wikipedia. Año 2019

A continuación, veremos los procesos que debemos realizar para obtener dichos formatos rasters de este modelo.

## 6.2-. Exportación del modelo como MDE.

En Agisfot dentro del menú Archivo encontramos la opción **Exportación DEM** (Digital elevation model). Seleccionada esta opción en la ventana "Exportación DEM", debemos seleccionar el SRC(sistema de referencia de coordenadas) su tipo de proyección, que es el mismo utilizado durante la georreferenciación del modelo 3D a partir de los puntos de control, y a continuación pulsar el botón Exportar.





Figuras 17: Configuración del menú Exportar DEM y selección de SRC. Fuente propia. Año 2019

El MDE obtenido tiene las siguientes características:

Columnas y filas	6284,5384
Numero de bandas	1
Tamaño del píxel (x,y)	0.0062,-0.0062
Tamaño sin comprimir	40,6 MB
Formato	GeoTIFF
Tipo de datos	Float32
Compresión	LZW

Tabla 4: Características MDE. Fuente propia. Año 2019

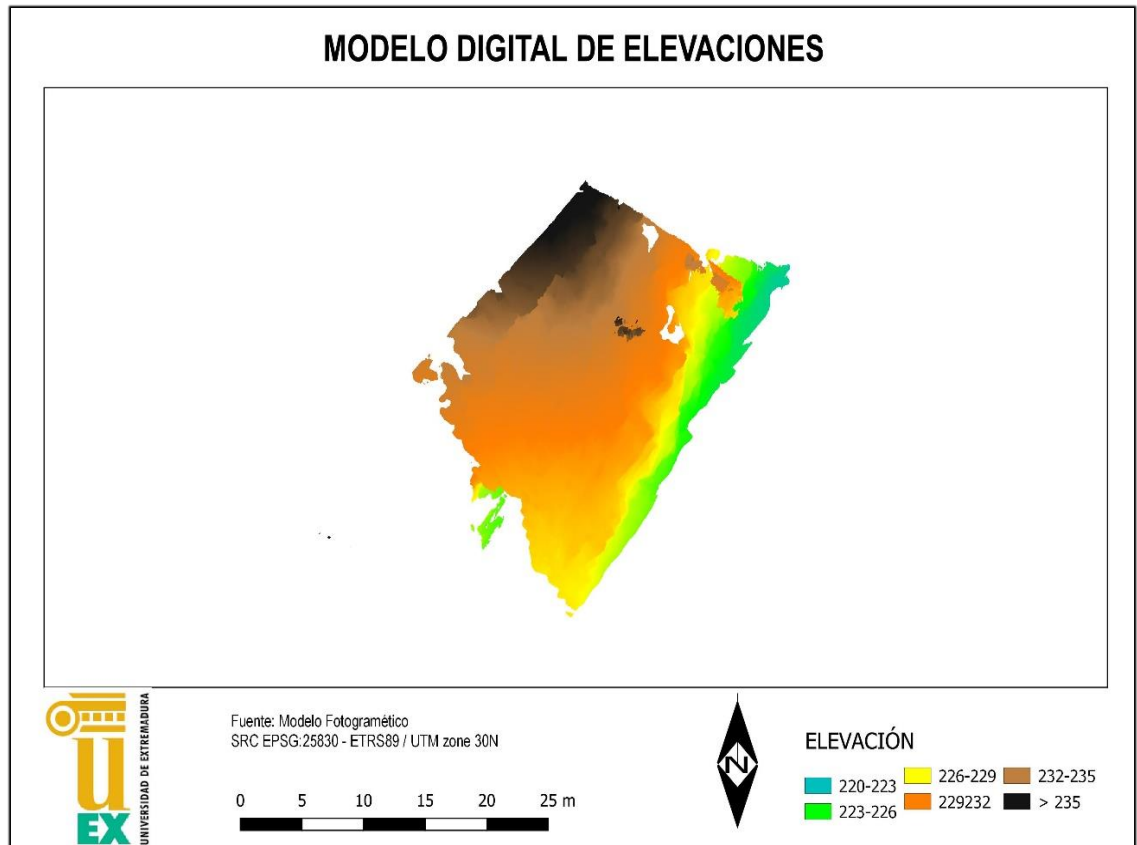


Figura 18: Mapa MDE. Fuente: Elaboración propia. Año 2019

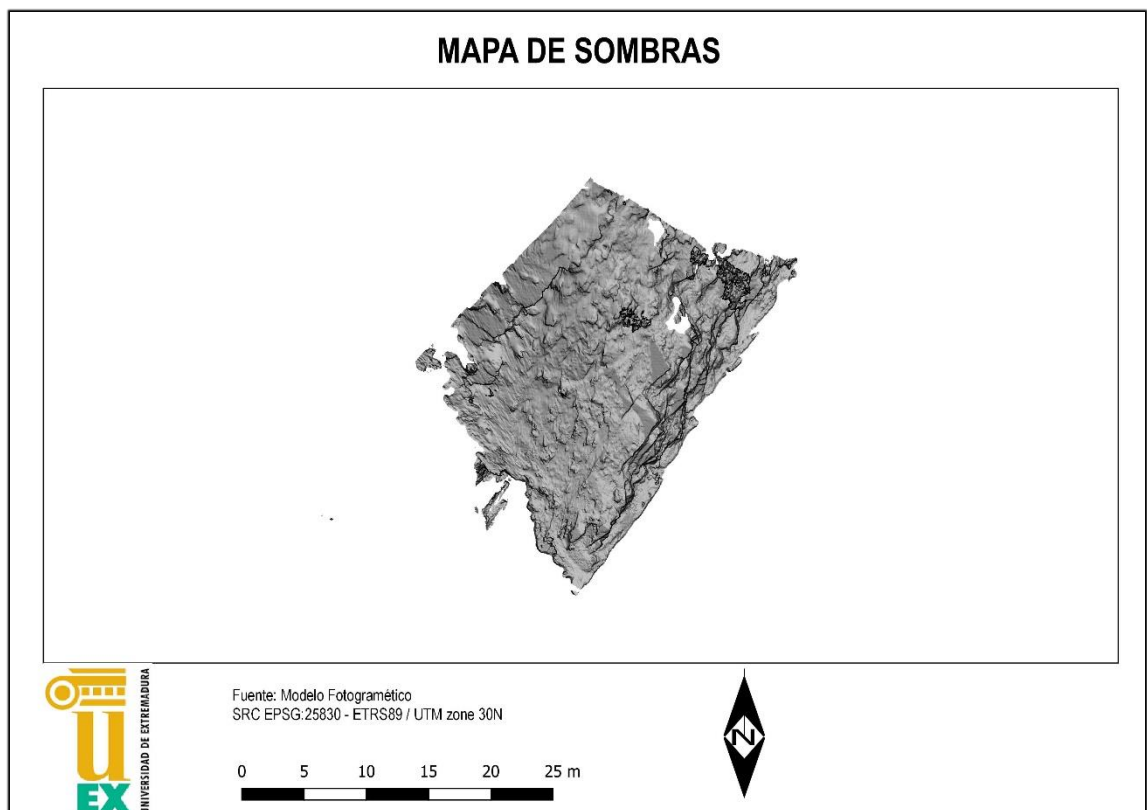


Figura 19: Mapa de sombras. Fuente: Elaboración propia. Año 2019

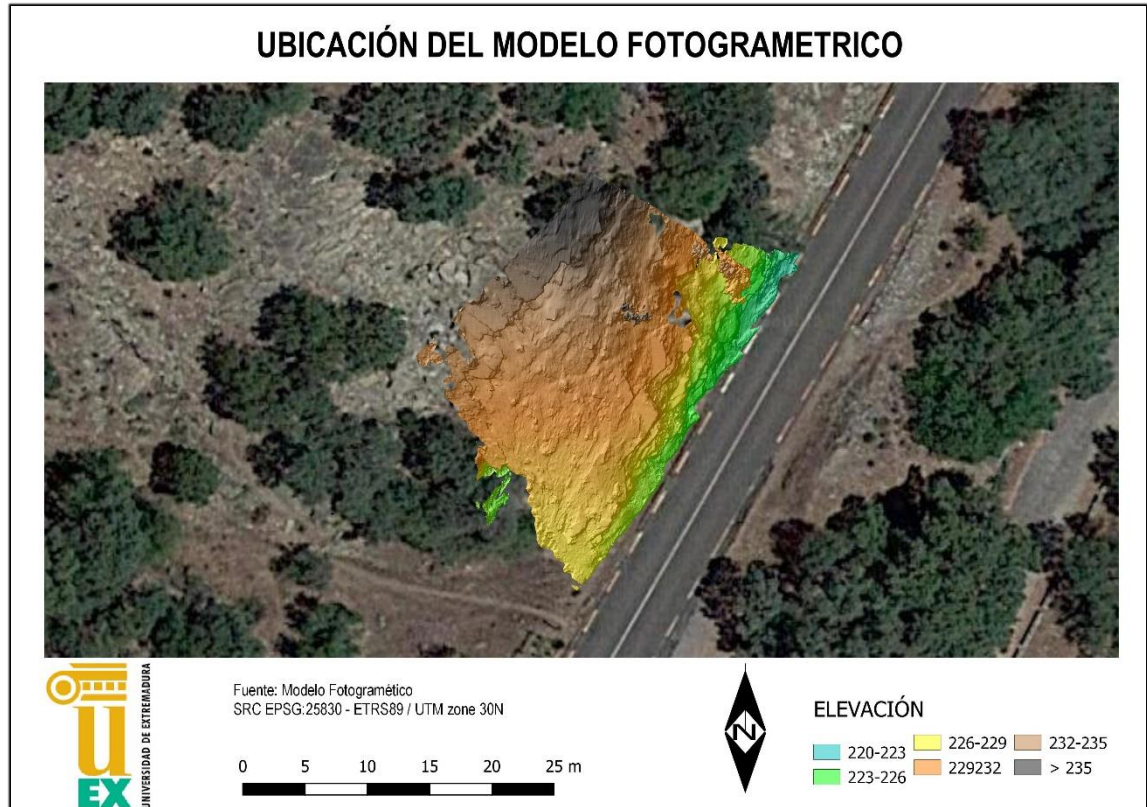


Figura 20: Mapa de ubicación del MDE. Fuente: Elaboración propia. Año 2019

### 6.3-. Exportación de la nube de puntos y creación del MDT.

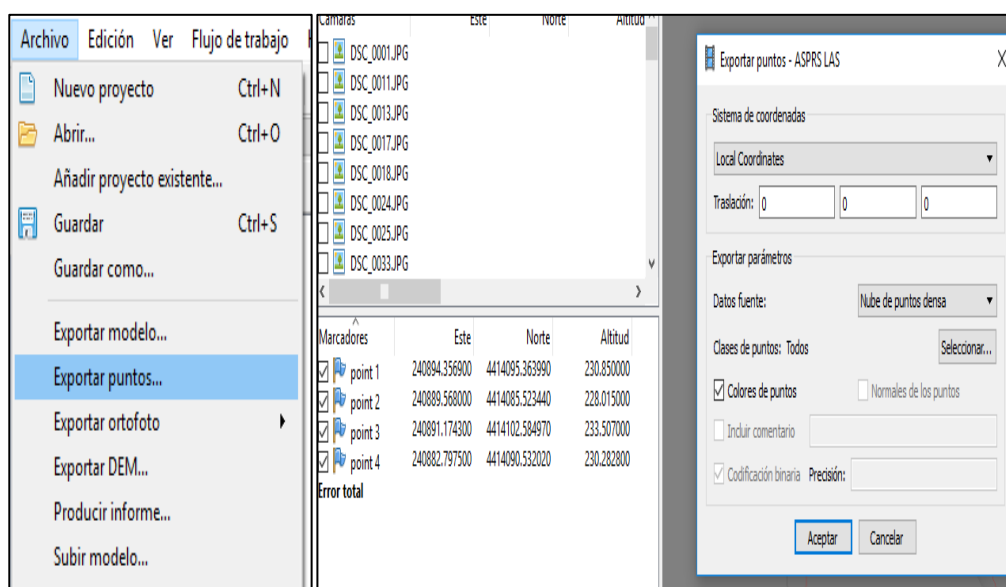
El proceso de creación del MDT no es automático como en el caso anterior, es necesario realizar una serie de operaciones que permitan transformar la nube de puntos en un archivo ráster.

La labor comienza con la exportación de la nube de puntos en el formato \*las (Láser file format exchange). La nube de puntos en formato \*las permite la clasificación y filtrado (automático y manual) de puntos del terreno y los ubicados por encima de éste.

En la clasificación de los puntos existen 8 categorías predefinidas (sin clasificar, suelo, vegetación baja, vegetación media, etc.).

Clase	LAS Versión 1.4
0	Nunca clasificados
1	No asignado, sin clasificar
2	Suelo
3	Vegetación baja
4	Vegetación media
5	Vegetación alta
6	Edificaciones.
7	Puntos bajos (ruido)
8	Reservado.
9	Agua
10	Vía Férrea.
11	Superficie pavimentada (Carretera).
12	Reservado

Tabla 5: clasificación de los puntos en los ficheros \*.las. Fuente propia. Año 2019



Figuras 21: Selección de opción "Exportar puntos en formato LAS". Fuente propia. Año 2019

Para el procesamiento del archivo \*.las; se ha utilizado el conjunto de herramientas Lastools, que se pueden ejecutar a través del software open source QGIS. Para poder trabajar con este paquete debemos realizar el proceso siguiente:

- 1.- Descargar el paquete LAStools.
- 2.- Descomprimir el archivo \*.zip y extraer tal cual la carpeta “LAStools” que contiene, a una ruta sin espacios, por ejemplo c:/LAStools.
- 3.- Abrir QGIS. En el menú PROCESOS/ OPCIONES proceder a activar las Herramientas para datos LIDAR y a darle la ruta a la carpeta LAStools.
- 4.- Una vez hecho esto debemos tener disponibles en la Caja de herramientas de QGIS, bajo la cabecera Herramientas para datos LIDAR, la colección de algoritmos que componen LAStools. El grupo LAStools Production que se ve al final de la lista contiene las mismas herramientas pero preparadas para trabajar con directorios enteros en vez de con archivos individuales. Así mismo tenemos que tener seleccionado al fondo de todo de la columna Advanced Interface, o no se mostrarán todas las herramientas de la caja.
- 5.- Cerrar y volver abrir el programa QGIS para que guarde bien los cambios y evitemos errores por no tener el programa refrescado.

Las herramientas utilizadas y su resultado han sido:

⊕ **Lasview**

Lasview que permite visualizar la nube de puntos de un fichero LIDAR.

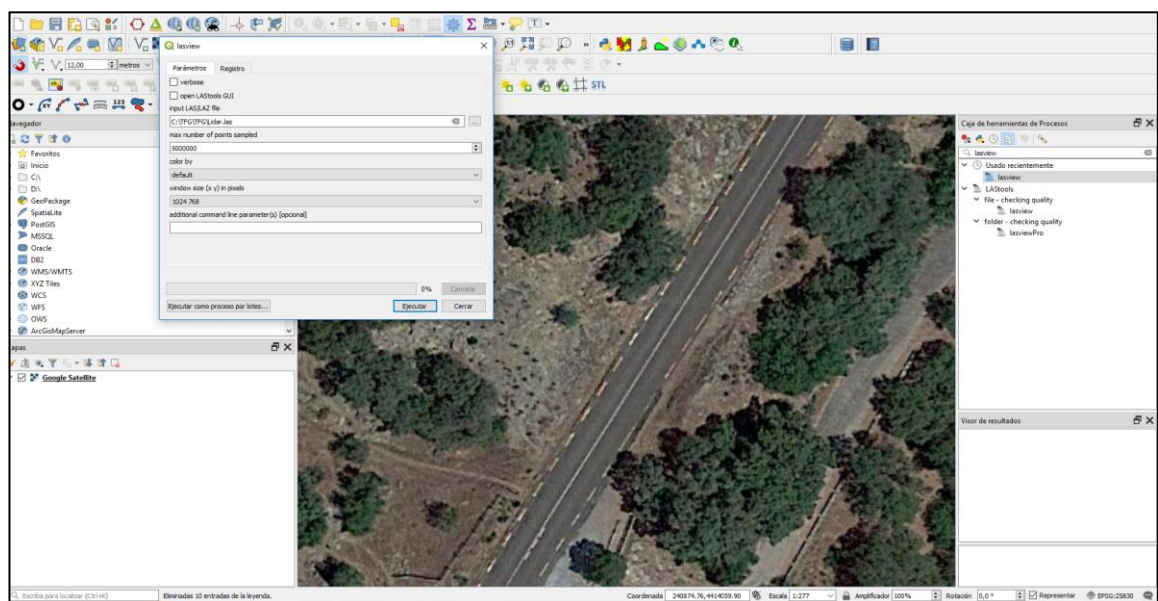


Figura 22: Ejecución de herramienta Lasview de Lastools a través de QGIS. Fuente propia. Año 2019



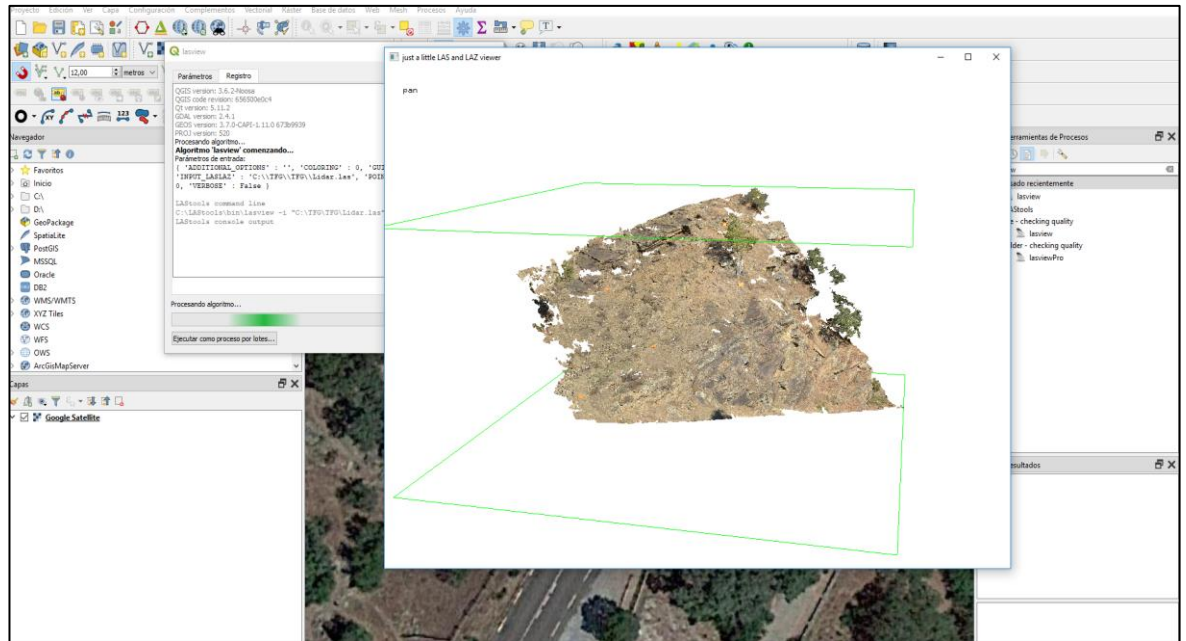
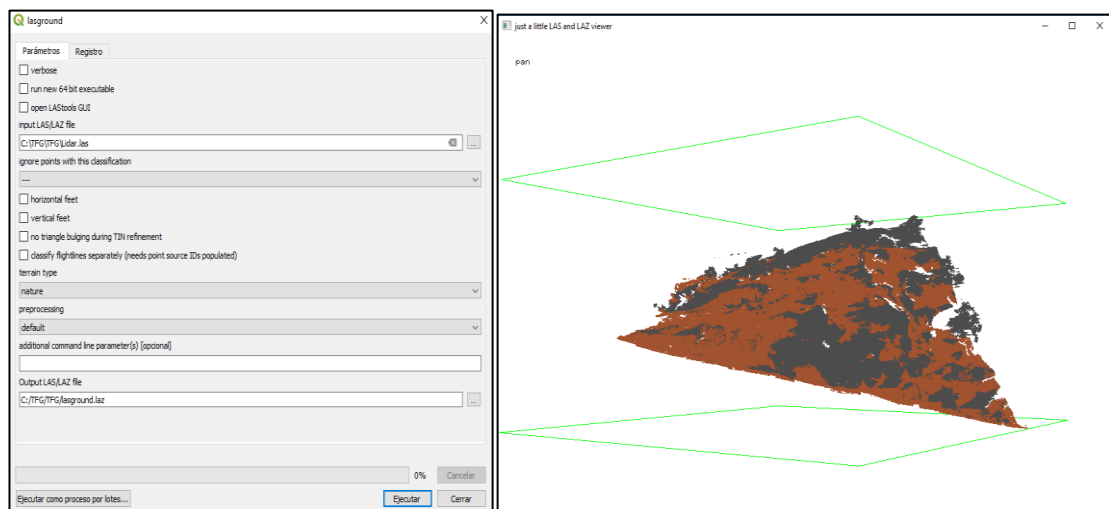


Figura 23: Visualización de la nube de puntos LiDAR con colores RGB mediante Lasview. Fuente propia. Año 2019

### ✦ Lasground.

Continuo, utilizando la herramienta Lasground para clasificar los puntos del fichero LIDAR en dos grupos: ground (terrestre) clase 2; y en no ground (no terrestre) clase 1.

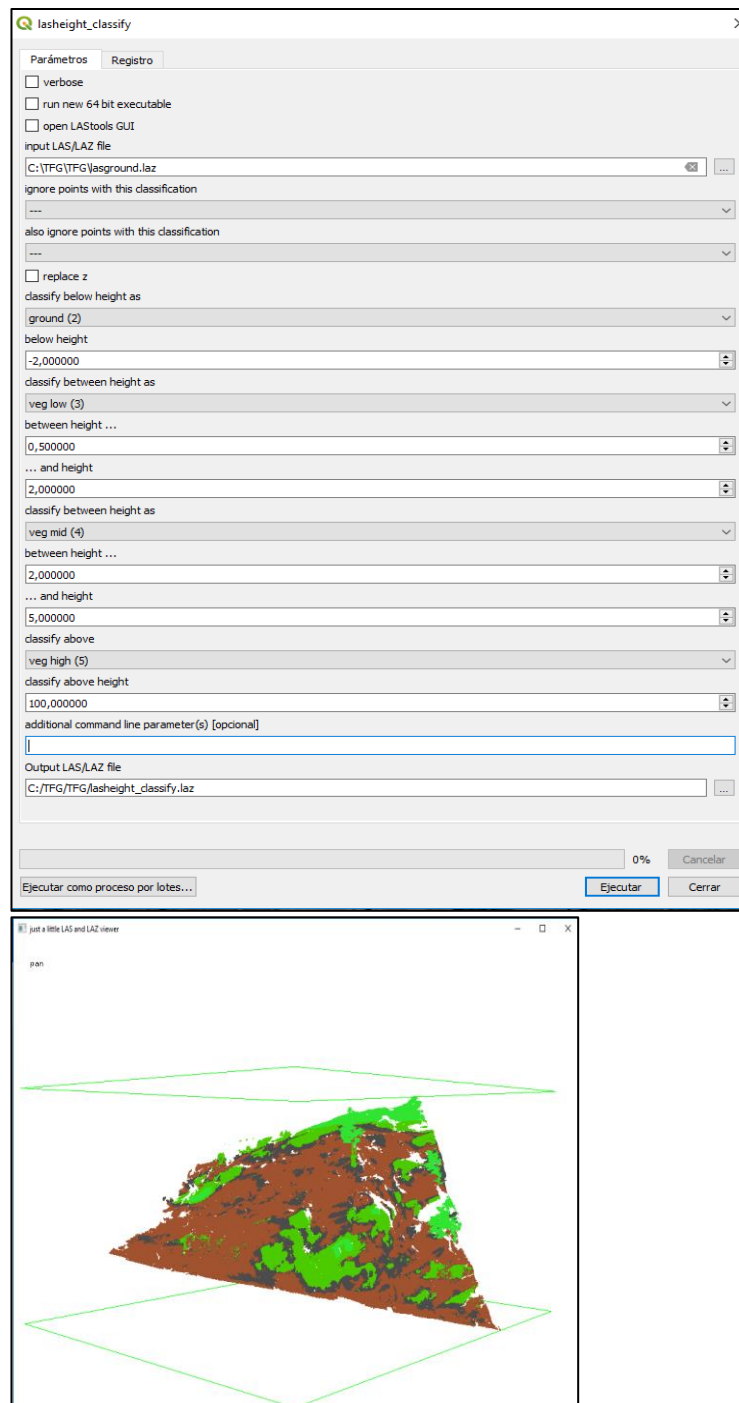
El uso de esta herramienta es adecuado para procesar archivos LIDAR con gran cantidad de puntos en zonas de montaña, bosques, etc... donde no existen construcciones, como es el caso de la zona de trabajo.



Figuras 24: configuración de la herramienta Lasground y visualización del archivo resultante mediante Lasview. Fuente propia. Año 2019

## Lasheight\_classify

Seguidamente mediante la herramienta Lasheight\_classify se puede clasificar los puntos del fichero en función de su altura respecto al suelo. Esta herramienta requiere realizar el paso anterior, para que la clasificación sea correcta.



Figuras 25: configuración de la herramienta Lasheight\_classify y visualización del archivo resultante mediante Lasview.  
Fuente propia. Año 2019



## Blas2dem

Para finalizar la herramienta Blas2dem nos permite seleccionar únicamente los puntos clasificados como suelo (keep\_class 2) para crear el MDT. Además, podemos definir el tamaño de píxel, hemos utilizado un valor más pequeño que el creado por Agisoft para el MDE.

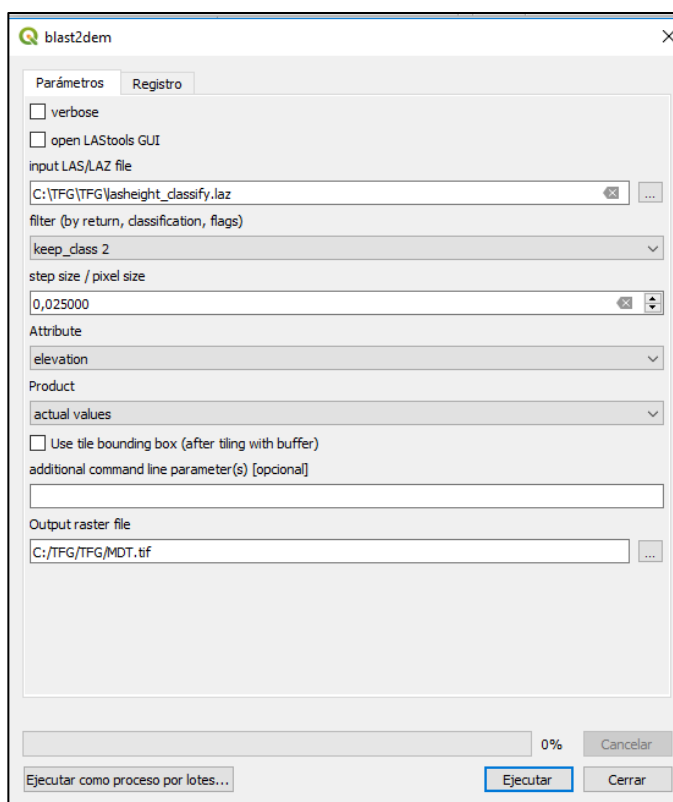


Figura 26: configuración de la herramienta Blas2dem. Fuente propia. Año 2019

El MDT obtenido tiene las siguientes características:

Columnas y filas	1233,1376
Numero de bandas	1
Tamaño del píxel (x,y)	0.0025,-0.0025
Tamaño sin comprimir	6,48 MB
Formato	GeoTIFF
Tipo de datos	Float32
Compresión	LZW

Tabla 6: Características del MDT. Fuente propia. Año 2019

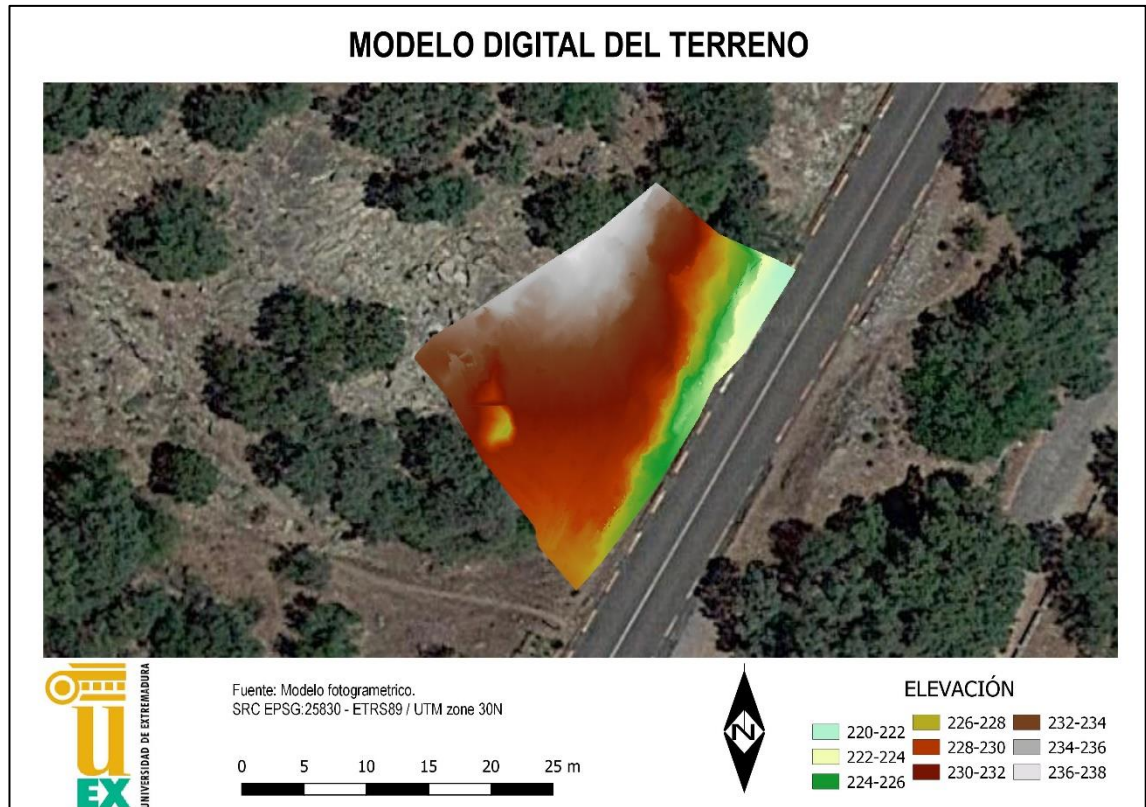


Figura 27: Mapa MDT. Fuente: Elaboración propia. Año 2019

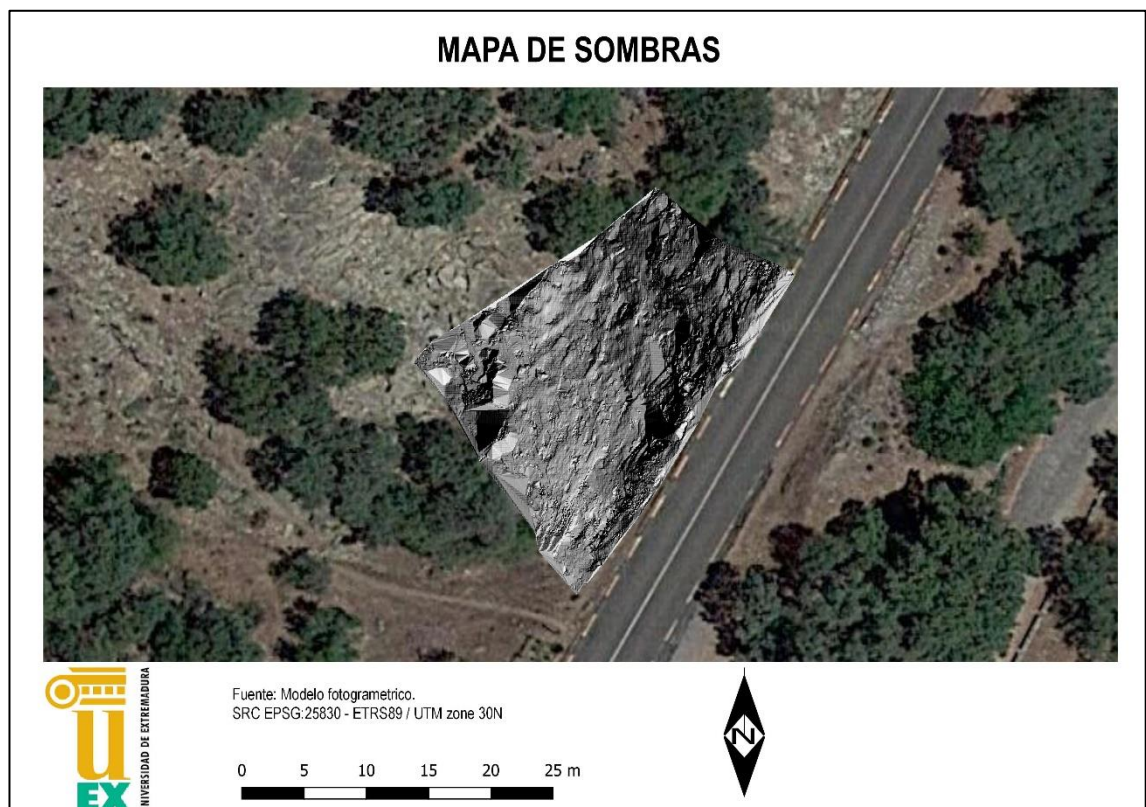


Figura 28: Mapa de ubicación del MDE. Fuente: Elaboración propia. Año 2019

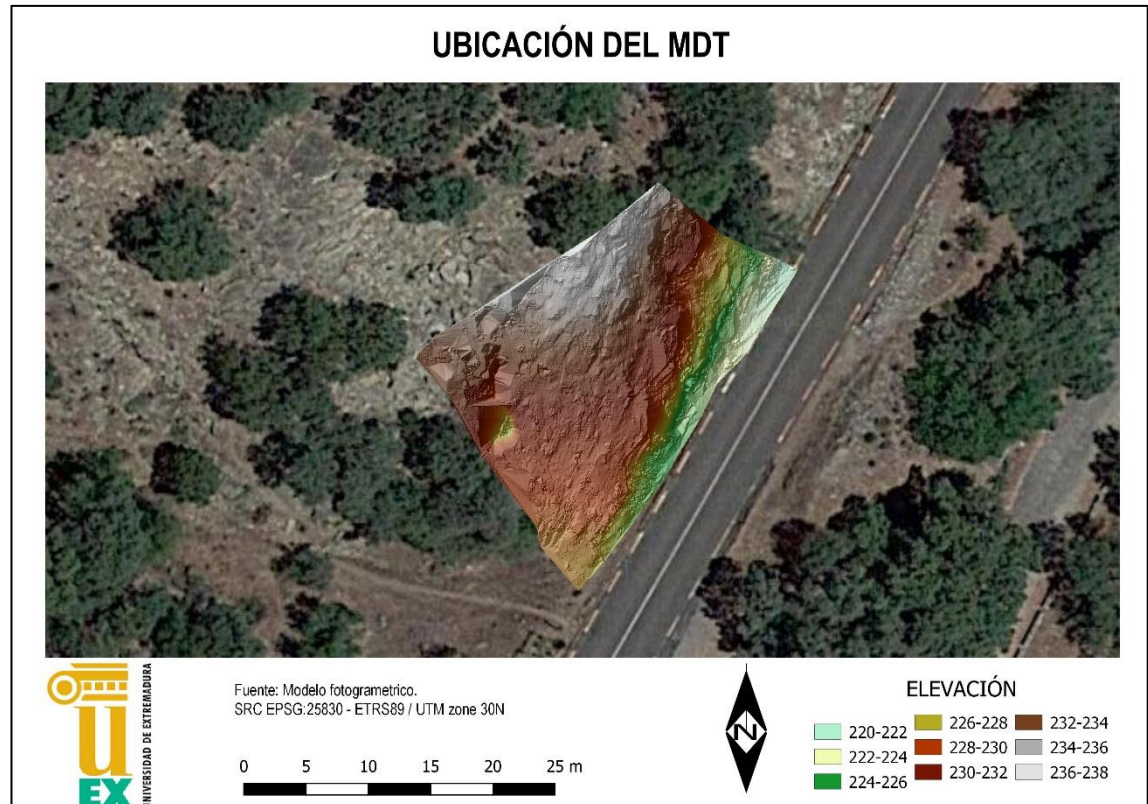


Figura 29: Mapa de ubicación del MDT. Fuente: Elaboración propia. Año 2019

## 7.- CONSTRUCCIÓN DE UNA IDE MEDIANTE GEOSERVER.

### 7.1.- Qué es una IDE (Infraestructuras de datos espaciales).

Una IDE (Infraestructura de Datos Espaciales) es un amplio conjunto de recursos que engloba desde datos, metadatos, servicios web (WMS, WFS, WCS...) tecnologías, políticas, estándares y recursos humanos.

El objetivo de las IDE es promover, mejorar la difusión, compartir la información geográfica en la red y ponerla a disposición de los usuarios.

### 7.2.- Elementos necesarios para desarrollar una IDE.

Para poder ofrecer datos geoespaciales a través de internet es necesaria una “arquitectura” basada en la relación **cliente - servidor**.

La estructura **cliente - servidor** consiste en la relación que se establece entre los proveedores de recursos o servicios (llamados servidores), ordenadores con conexión permanente a internet y capacidad de almacenar gran cantidad de



datos, y los clientes (aplicaciones informáticas demandantes de los servicios). Cumpliendo “el cliente” la función de intermediario entre usuario y servidor.

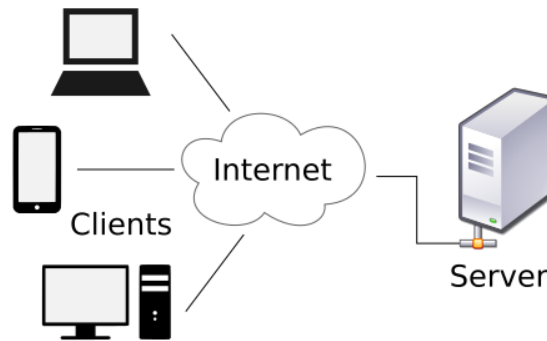


Figura 30: Relación cliente – servidor. Fuente Wikipedia. Año 2019

En este sentido, los servidores van a ser los encargados de la transmisión de la cartografía, capas ráster o vectoriales y datos en general.

El cliente por otro lado va a ser el encargado de la realizar las peticiones a los servidores y emplear las respuestas mediante el uso de un visor con capacidad de cambiar la escala, desplazar vistas, etc.

En función de las capacidades de los clientes se distinguen dos tipos: **el cliente ligero y el pesado.**

El **cliente ligero** tiene un tamaño reducido y se ejecuta sobre el navegador. Cuando el usuario desde su navegador carga la página web se produce la descarga del programa. Ejemplos de clientes ligeros son las librerías Javascript: Openlayers y **Leaflet.**

El **cliente pesado** es una aplicación que no se ejecuta sobre un navegador web. Es un programa independiente que se ocupa de toda la lógica y de proveer de las funcionalidades, en consecuencia, el tamaño es mayor. (ArcGIS, QGIS).

## 7.3.- GeoServer

### 7.3.1.- Qué es GeoServer

El servidor utilizado para la creación de la IDE es Geoserver, se trata de un servidor de código abierto con una amplia cantidad de características que lo convierten en la solución ideal para construir una IDE.

#### 7.3.1.2.- Características más significativas

Entre las características que incluye de mayor relevancia tenemos:

- Es compatible con los estándares OGC: WMS, WCS y WFS.
- Panel de control vía web que permite administrar de forma sencilla el servicio.
- Formatos de entrada soportados: PostGIS, Shapefile, ArcSDE y Oracle. VFP, MySQL, MapInfo y WFS
- Formatos de salida: JPEG, GIF, PNG, SVG y GML.

#### 7.3.2.- Trabajo previo a instalación de GeoServer.

Antes de la instalación de GeoServer se ha procedido a crear la carpeta **TRABAJO** y en su interior se ha almacenado toda la información que voy a utilizar para crear la IDE: las capas (MDE y MDT) y archivos de estilo (SLD).

Ruta de la carpeta Trabajo sencilla y directa. **C:\TFG\TRABAJO**

#### 7.3.3.- Instalación de GeoServer.

El proceso de instalación de GeoServer requiere la descarga del archivo ejecutable desde la página oficial. Descargo la última versión estable(verde) y procedo a su instalación



Figura 31: Fuente Página oficial de GeoServer. Año 2019

Seguidamente se ejecuta la aplicación e introduzco el nombre y contraseña del administrador de GeoServer para comenzar a configurarlo.

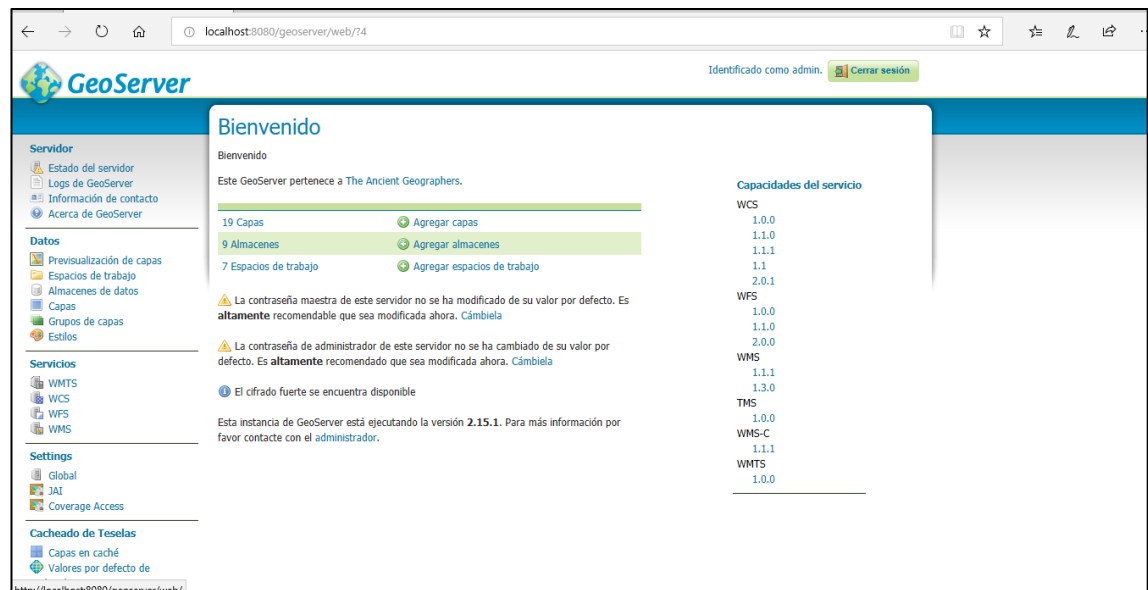


Figura 32: Página del principal del servidor Geoserver. Fuente elaboración propia. Año 2019

### 7.3.4.- El espacio de trabajo.

En GeoServer debemos primero definir los **Espacios de trabajo**, llamamos **TRABAJO** al espacio e indico la URL del espacio. La ruta marca **Localhost/TRABAJO** para poder cargar las capas que se van a guardar en esa carpeta.

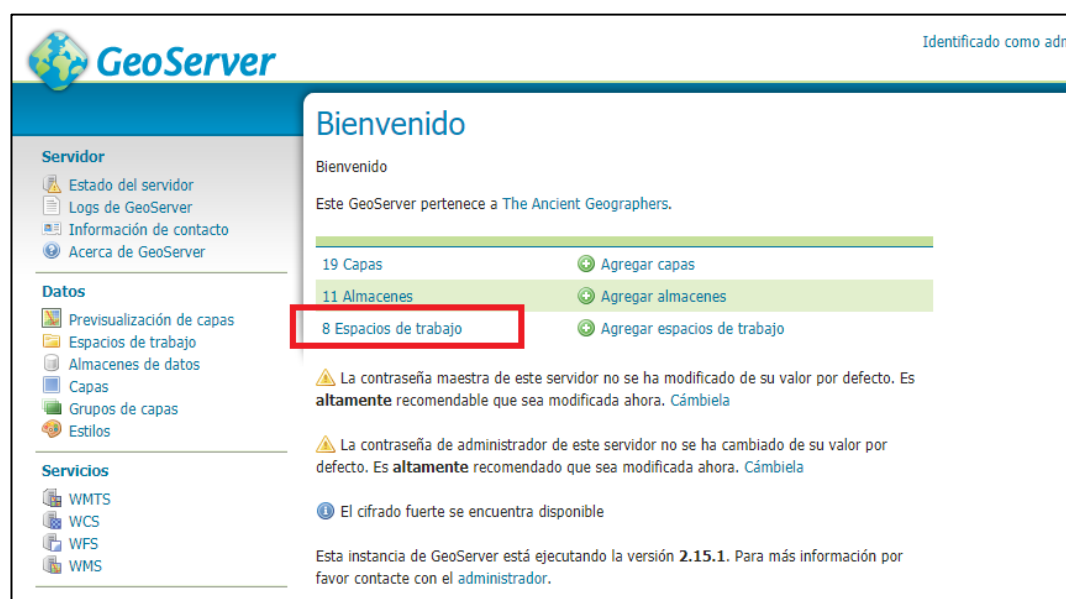


Figura 33: localización de "Espacios de trabajo". Fuente elaboración propia. Año 2019

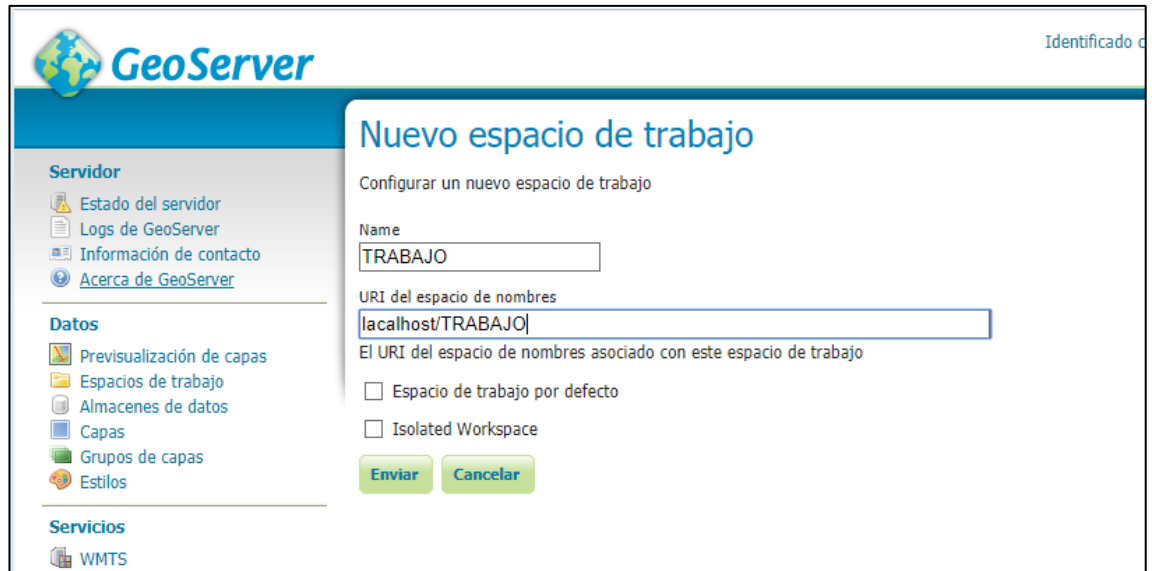


Figura 34: configuración Espacio de trabajo. Fuente elaboración propia. Año 2019

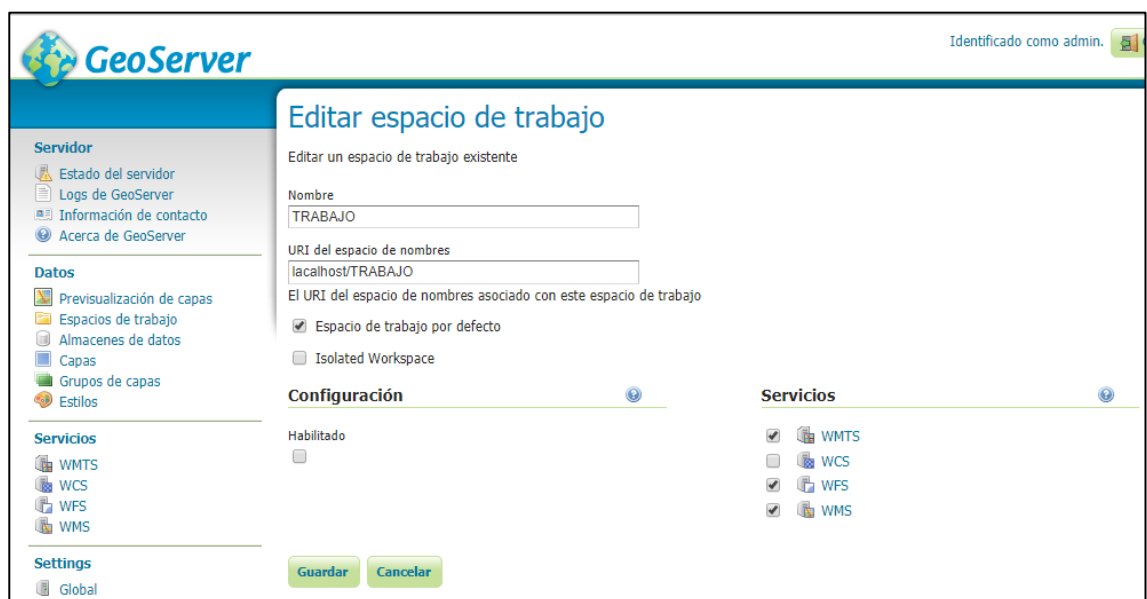


Figura 35: configuración Espacio de trabajo. Fuente elaboración propia. Año 2019

Creado el espacio de **TRABAJO** se debe añadir “**Almacenes de datos**”.



### 7.3.5.- Almacenes de datos



Figura 36: creación del Almacén de datos. Fuente elaboración propia. Año 2019

Tras pulsar **“Agregar nuevo almacén”** en la ventana que aparece **“Nuevo origen de datos”**. En este apartado se debe escoger la opción adecuada al tipo de datos a añadir. Comienzo seleccionando **WMS - Configura un Web Map Service en cascada**. Para el nuevo origen de datos vectoriales.

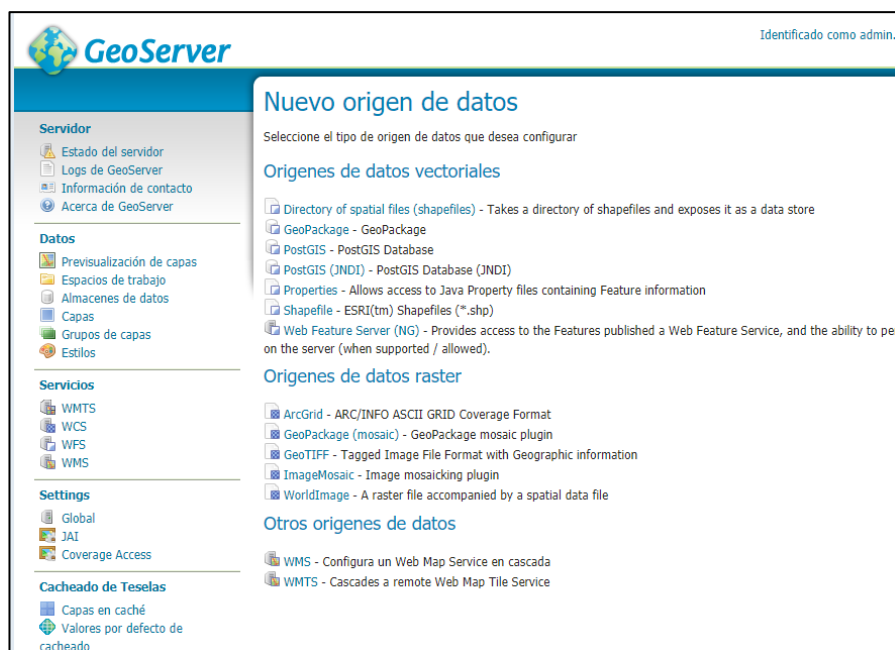


Figura 37: “Nuevo origen de datos”. Fuente elaboración propia. Año 2019

En espacio de trabajo selecciono “TRABAJO” creado anteriormente” e introduzco el nombre (PNOA) y la URL con el WMS. PNOA es el WMS con ortofotos de máxima actualidad de España.

**Nueva Conexión WMS**

Editar los parámetros de conexión a un WMS remoto

**Información básica del almacén**

Espacio de trabajo \*  
TRABAJO

Nombre del origen WMS \*  
PNOA

Almacén WMS en cascada  
Ortofoto de máxima actualidad

Habilitado

**Información de conexión**

URL del documento Capabilities \*  
/ inspire/pnoa-ma?request=GetCapabilities&service=WMS

Usuario  
[ ]

Contraseña  
[ ]

Habilitar pool de conexiones HTTP

Máximo número de conexiones simultáneas \*  
6

Tiempo de espera para obtener una conexión en segundos \*  
30

Tiempo máximo de lectura, en segundos \*  
60

Figura 38: agregar nuevo almacén. Fuente elaboración propia. Año 2019

A continuación, selecciono únicamente la opción OrtoimagenCoverage, que corresponde a la información que deseamos utilizar del servicio WMS en la IDE, las ortofotografías.

**Nueva capa**

Agregar nueva capa

Puede importar todas las capas WMS en cascada de una sola vez del almacén de datos seleccionado usando **importación en lote**. Esta es una lista de los recursos contenidos en el almacén 'PNO'. Haga click sobre la capa que desea configurar

<< < 1 > >> Resultados 1 a 2 (de un total de 2 ítems) Search

Publicada	Capa con espacio de nombres y prefijo	Acción
	OI.MosaicElement	Publicación
	OI.OrtoimagenCoverage	Publicación

<< < 1 > >> Resultados 1 a 2 (de un total de 2 ítems)

Figura 39: generación de capas. Fuente elaboración propia. Año 2019

A continuación, se repite la operación anterior para añadir al servidor las capas ráster (MDE, MDE sombras, MDT, MDT sombras).

Pulsamos en capas “**Almacén de datos**” y en el apartado “**Nuevo origen de datos**” seleccionamos “**GeoTiff**” situado dentro de **Orígenes de datos ráster**.

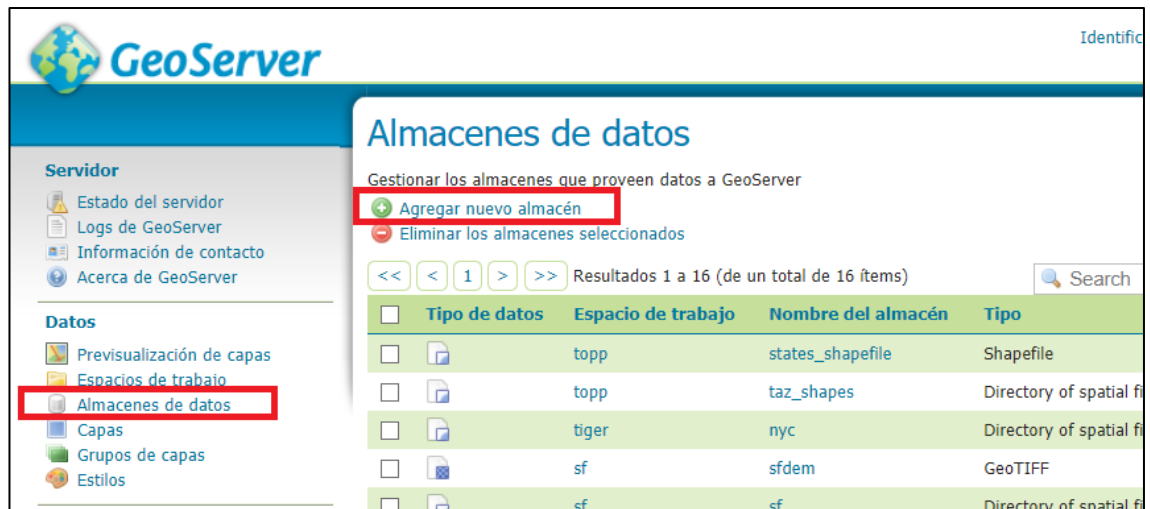


Figura 40: selección de nuevo almacén de datos. Fuente elaboración propia. Año 2019

### 7.3.6.- Incluir Datos raster



Figura 41: selección de datos GeoTIFF. Fuente elaboración propia. Año 2019

Seguidamente, en la ventana **Nueva capa** selecciono el espacio de Trabajo, asignamos el **Nombre de origen de datos** (MDE, MDE sombras, MDT, MDT sombras), la descripción y la conexión URL.

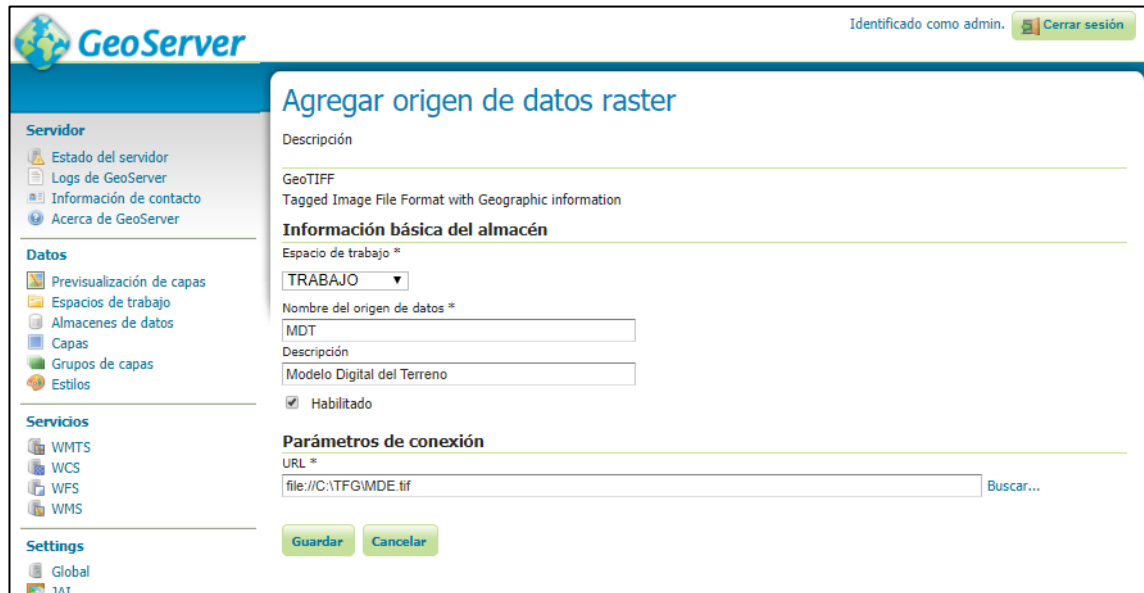


Figura 42: agregar datos ráster. Fuente elaboración propia. Año 2019



Figura 43: resultado de agregar la primera capa ráster. Fuente elaboración propia. Año 2019



Figura 44: resultado de añadir todas capas ráster y ortoimagen. Fuente elaboración propia. Año 2019

### 7.3.7.- Añadir estilo

El siguiente paso es añadir el estilo que vamos a asignar a las capas MDE y MDT. Pulsamos en Estilos para posteriormente en hacer clic en “Agregar un nuevo estilo”.

El estilo ha sido realizado en QGIS seleccionando la rampa de color “elevation” y el nivel de transparencia del 50%.

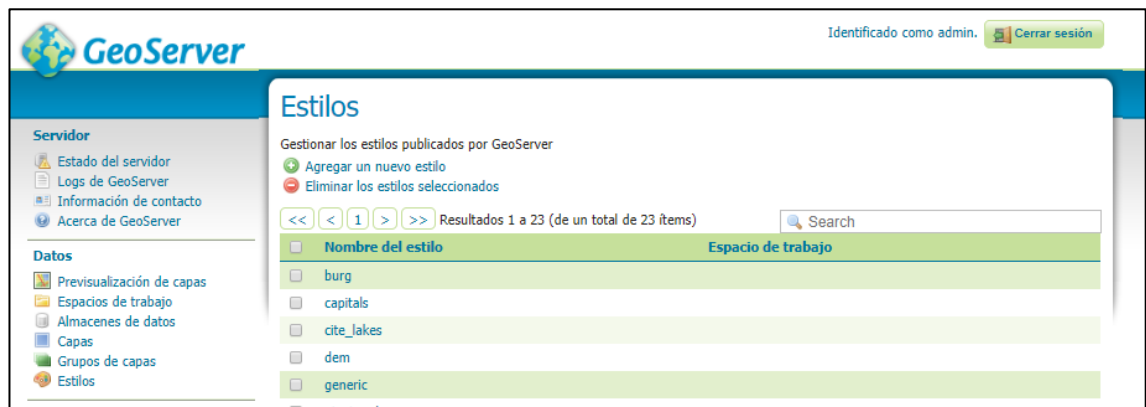


Figura 45: estilos existentes por defecto en GeoServer. Fuente elaboración propia. Año 2019

Añadimos el archivo **rampadecolor.sld**, lo validamos y guardamos los cambios realizados.

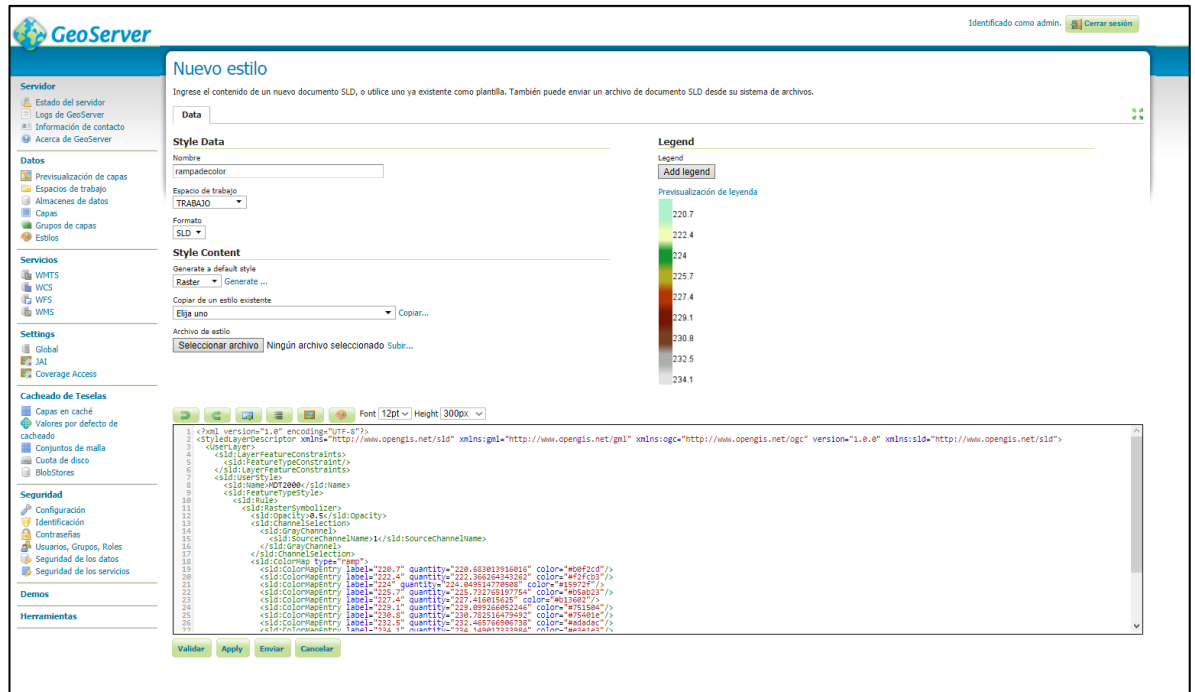


Figura 46: menú “Nuevo estilo”. Fuente elaboración propia. Año 2019

### 7.3.8.- Creación de Grupos de capas 3D.

Para crear visualizaciones con sensación de 3D de los MDT y MDE vamos a crear Grupos de capas. Cada grupo tendrá el ráster con la información altimetría y el mapa de sombras correspondiente.



Figura 47: grupo de capas. Fuente elaboración propia. Año 2019

Introducimos un nombre para el grupo de capas (MDT 3D y MDE 3D), escogemos el espacio de trabajo (TRABAJO), generamos los límites, y agregamos las capas con el estilo correspondiente a cada una.

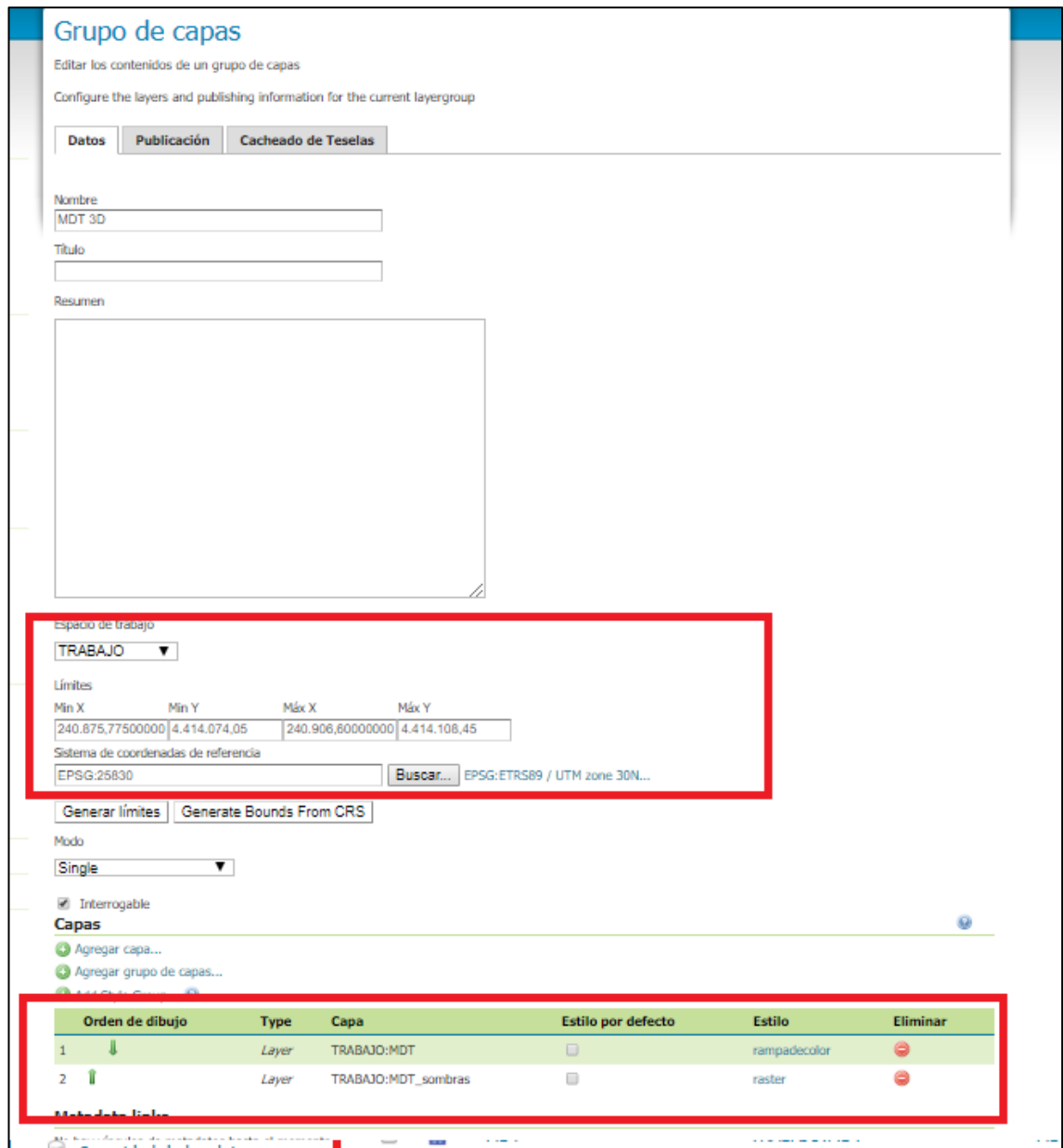


Figura 48: grupo de capas. Fuente elaboración propia. Año 2019



## Grupo de capas.

**Grupo de capas**

Editar los contenidos de un grupo de capas  
Configure the layers and publishing information for the current layergroup

**Datos** | **Publicación** | Cacheado de Teselas

Nombre: MDT 3D  
Título: MDT y mapa de sombras  
Resumen: [Empty Box]

Espacio de trabajo: TRABAJO

Límites:  
Min X: 240.887,84 | Min Y: 4.414.107,435 | Máx X: 240.908,797 | Máx Y: 44.140.740.821

Sistema de coordenadas de referencia: EPSG:25830 | [Buscar...](#) | EPSG:ETRS89 / UTM zone 30N...

Modo: Single

Interrogable

**Capas**

- Agregar capa...
- Agregar grupo de capas...
- Add Style Group...

Orden de dibujo	Type	Capa	Estilo por defecto	Estilo	Eliminar
1	Layer	TRABAJO:MDT	<input checked="" type="checkbox"/>	raster	<input type="button" value="X"/>
2	Layer	TRABAJO:MDT_sombras	<input checked="" type="checkbox"/>	raster	<input type="button" value="X"/>

Metadata links

Figura 49: grupo de capas. Fuente elaboración propia. Año 2019

**Grupos de capas**

Definir y gestionar grupos de capas

- Agregar nuevo grupo de capas
- Eliminar los grupos de capas seleccionados

Resultados 1 a 5 (de un total de 5 ítems)

Grupo de capas	Espacio de trabajo
spearfish	
tasmania	
tiger-ny	
MDE 3D	TRABAJO
MDT 3D	TRABAJO

Figura 50: grupos MDE 3D y MDT 3D. Fuente elaboración propia. Año 2019

### 7.3.9.- Previsualización de los grupos de capas.

En el apartado “Previsualización de capas” se muestra un listado con el nombre de las capas (geotiff y WMS) y grupos creados. Podemos seleccionar entre varios tipos de formatos, los más habituales son el visor web Openlayers (biblioteca JavaScript de código abierto que permite mostrar mapas interactivos en los navegadores web) y KML (lenguaje de marcado basado en XML que permite representar datos geográficos en tres dimensiones) que podemos abrir en la aplicación Google Earth.



Tipo	Título	Nombre	Formatos habituales	Todos los formatos
	A sample ArcGrid file	nurc:Arc_Sample	OpenLayers KML	Seleccionar una
	MDE	TRABAJO:MDE	OpenLayers KML	Seleccionar una
	MDE 3D	TRABAJO:MDE_3D	OpenLayers KML	Seleccionar una
	MDE_sombras	TRABAJO:MDE_sombras	OpenLayers KML	Seleccionar una
	MDT	TRABAJO:MDT	OpenLayers KML	Seleccionar una
	MDT 3D	TRABAJO:MDT_3D	OpenLayers KML	Seleccionar una

Figura 51: previsualización de capas. Fuente elaboración propia. Año 2019

A continuación, realizamos la comprobación de las capas en los formatos habituales.

1-. Previsualización del grupo de capas TRABAJO: MDT 3D mediante el formato KML. Pulsamos en la opción KML para la descarga del archivo y le añadimos a la aplicación Google Earth donde comprobamos como si está bien georreferenciada.

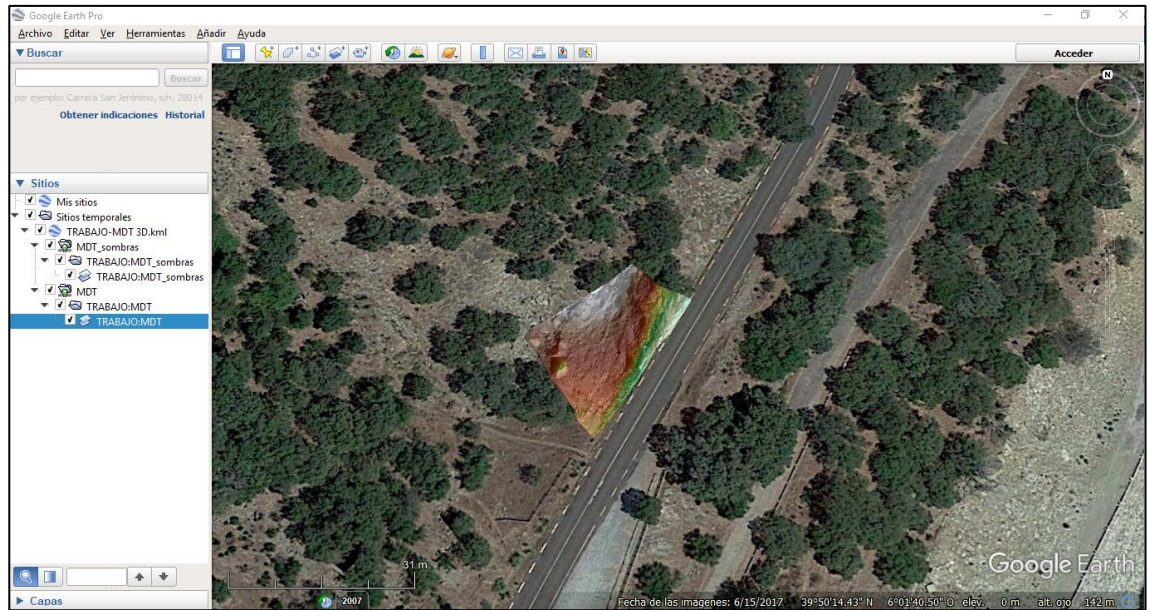


Figura 52: Archivo KML TRABAJO: MDT 3D en Google Earth. Fuente elaboración propia. Año 2019

2-. Previsualización del grupo de capas TRABAJO: MDT 3D mediante OpenLayers. Tras pulsar en “Openlayers” se carga en el navegador una web con el visor donde se muestran mediante una petición WMS al servidor (geoserver) el grupo de capas. Copiamos la dirección URL (<http://localhost:8080/geoserver/TRABAJO/wms>) que se muestra en barra de navegador (recuadro rojo en la imagen inferior). Esta dirección URL es el servicio WMS que nos va a permitir consultar las capas desde otros dispositivos que cumplan la función de ser clientes ligeros (navegadores webs con visores de web mapping) o (aplicaciones SIG).

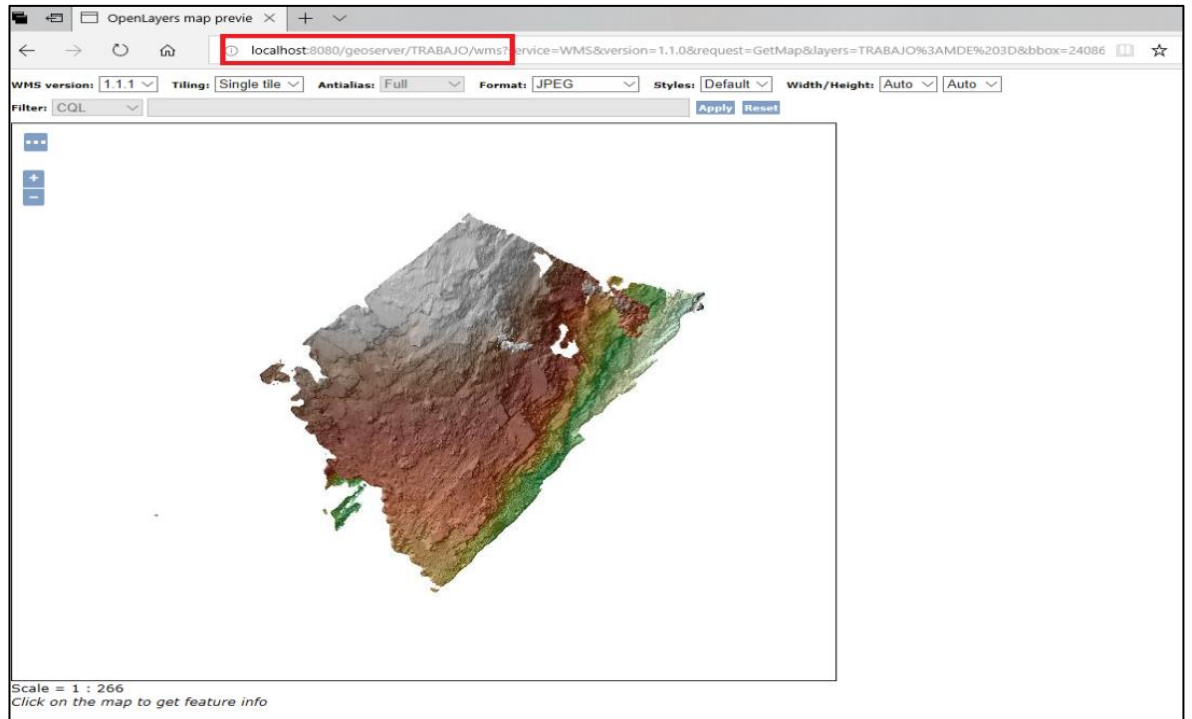


Figura 53: Visualización del grupo de capas MDT. Fuente elaboración propia. Año 2019

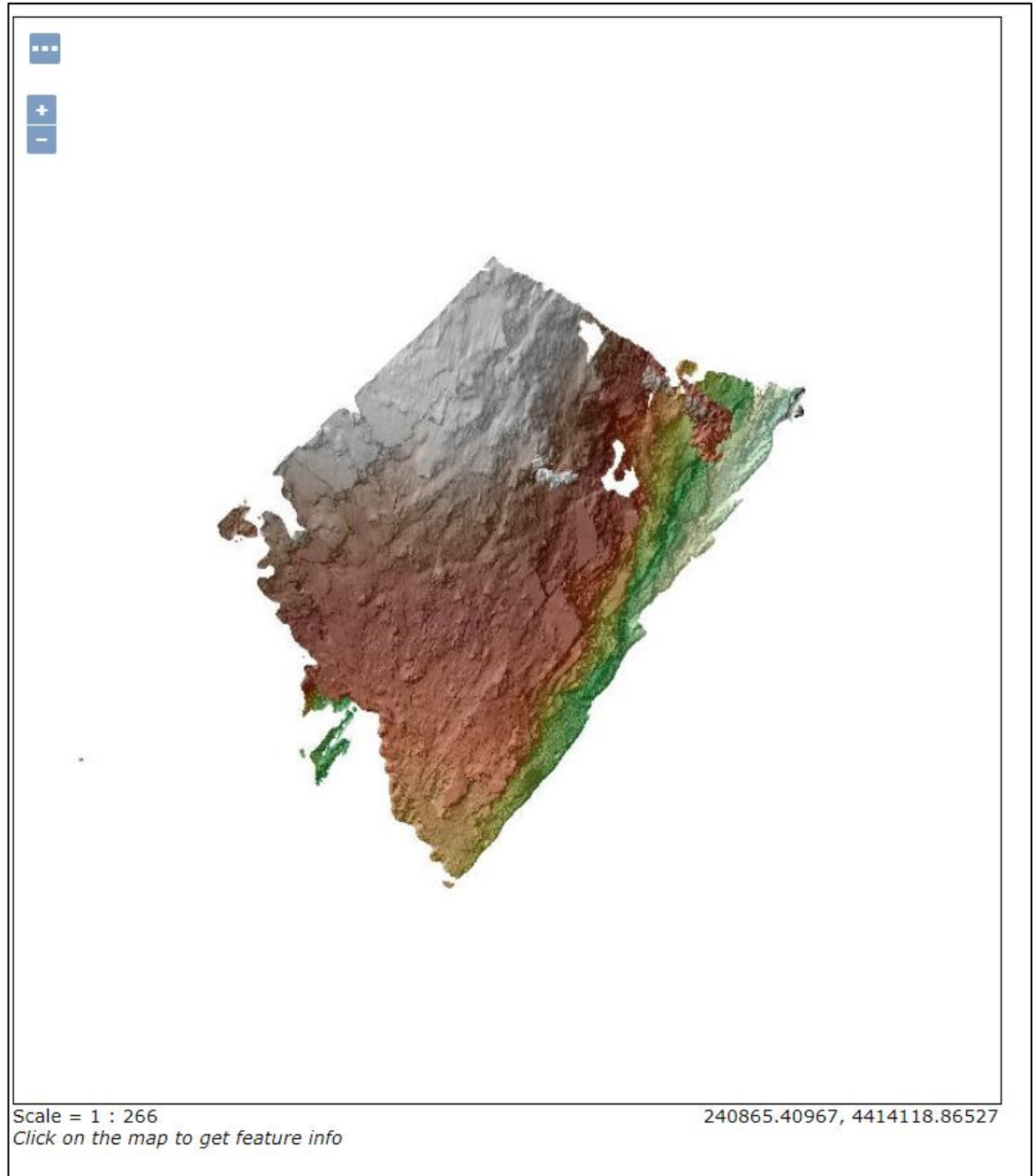


Figura 54: visualización 3D del MDE. Fuente elaboración propia. Año 2019

### 7.3.10.- Características del Servicio Web Map Service



Figura 55: Imagen de la petición WMS. Fuente elaboración propia. Año 2019

### 7.3.11. Consulta de las capas a través de cliente pesado SIG: QGIS.

Se ha seleccionado el software QGIS para hacer la prueba de la consulta del servicio WMS de la IDE. QGIS es el SIG Open Source con un gran crecimiento y difusión entre los usuarios de la tecnología geoespacial. Esto es debido a su estabilidad, gran cantidad y calidad de los algoritmos para realizar geoprosesos. Además, la amplia comunidad de desarrolladores ha creado un ecosistema de complementos (también llamados plugin) útiles para diferentes trabajos.

Para añadir la dirección URL WMS seleccionamos en el QGIS la opción **Administrador de fuentes de datos | WMS/WMTS**. En la pestaña Capas pulsamos sobre el botón “Nuevo” para crear la nueva conexión y complementamos los parámetros Nombre (TFG) y URL. A continuación, hacemos clic en Aceptar.

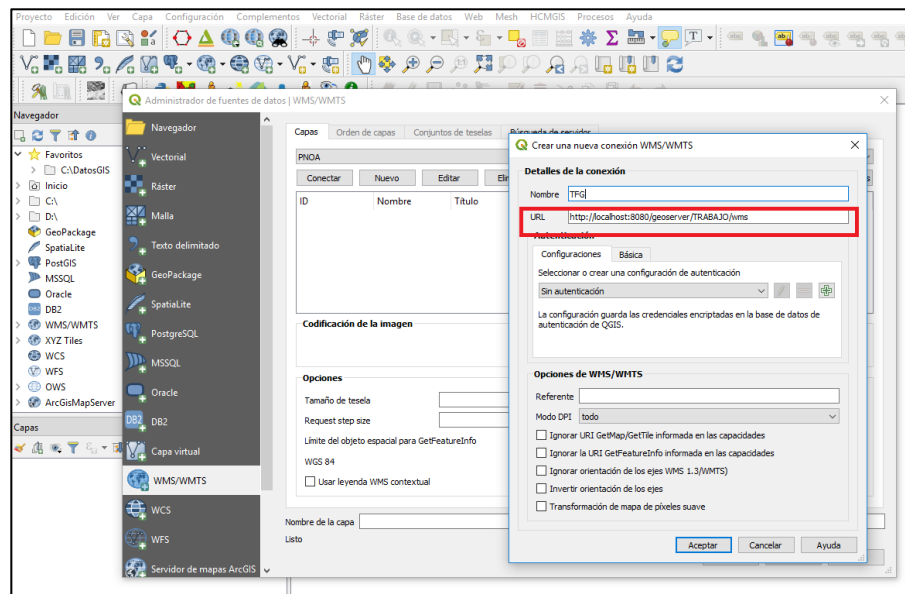


Figura 56: opción **Administrador de fuentes de datos | WMS/WMTS**. Fuente elaboración propia. Año 2019

El siguiente paso consiste en pulsar en el botón “Conectar” para establecer la conexión entre el QGIS (cliente pesado) y el GeoServer (Servidor). Tras unos segundos aparece el listado de capas que ofrecemos desde el servidor. Pulsando sobre los grupos de capas MDE 3D, MDT 3D y la ortoimagen. Obtenemos la solución de la petición.



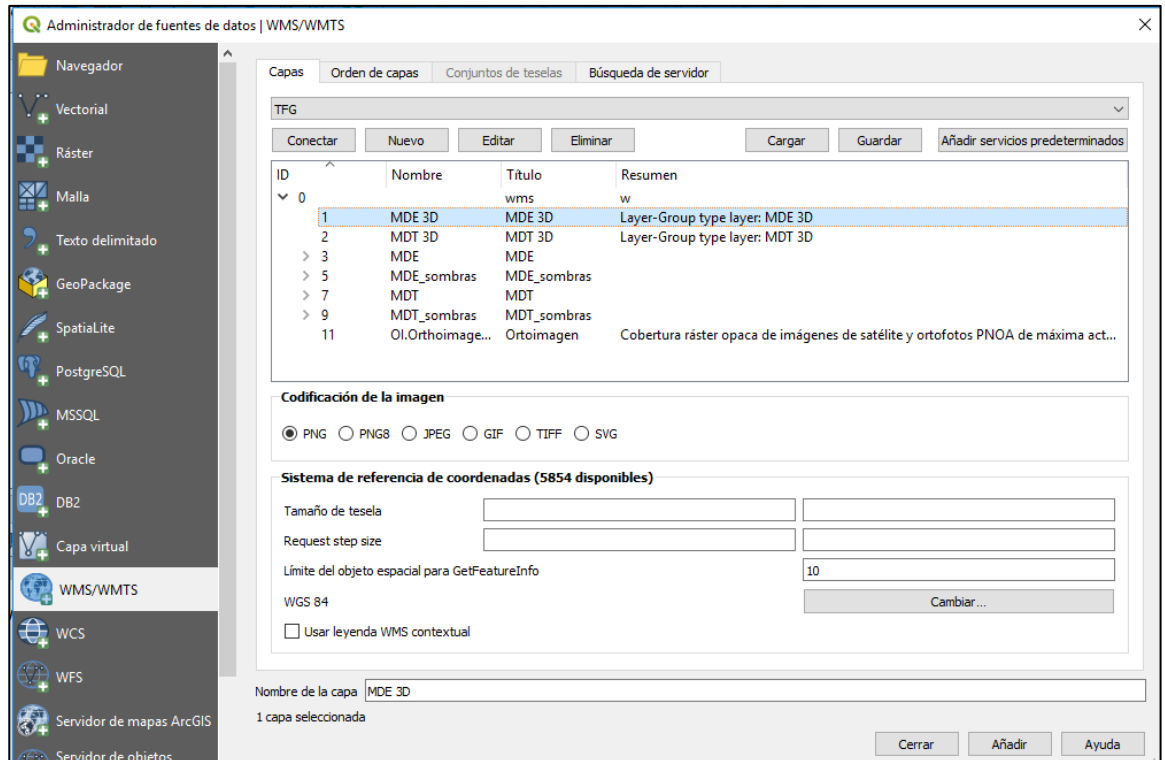


Figura 57: conexión de QGIS con Geoserver. Fuente elaboración propia. Año 2019

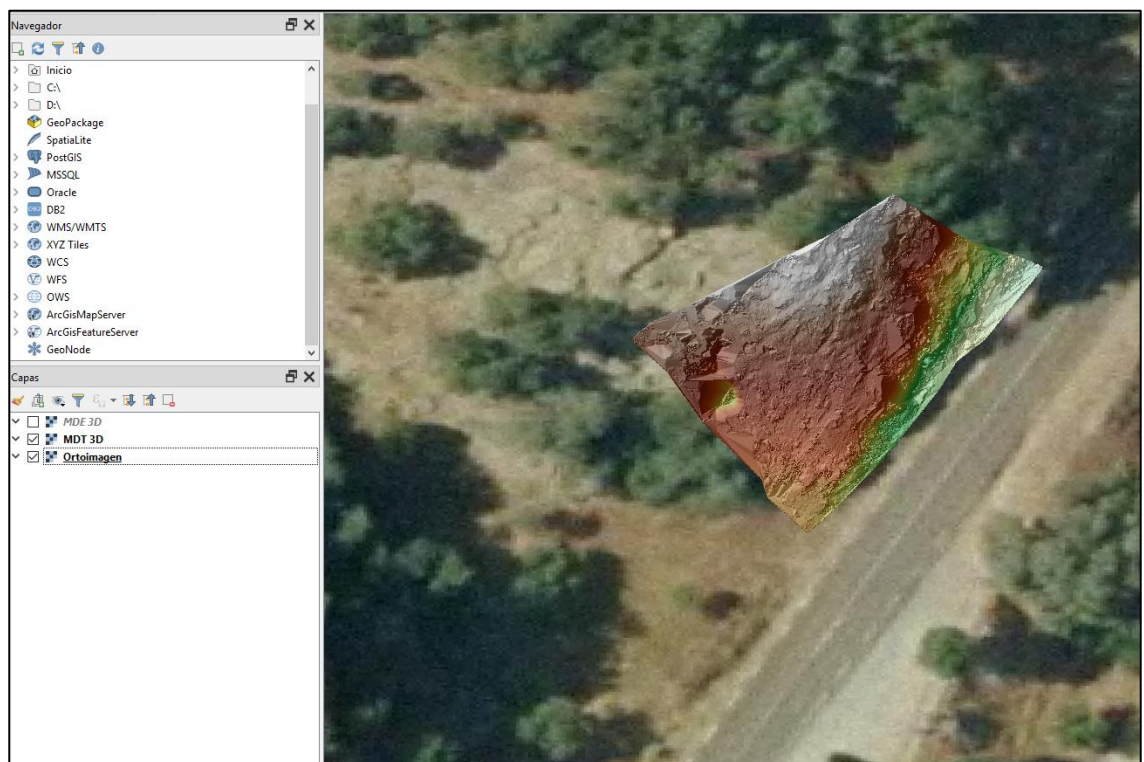


Figura 58: visualización en el lienzo de QGIS de las capas WMS. Fuente elaboración propia. Año 2019

### 7.3.12.- Consulta de las capas a través de cliente ligero: Web mapping con librería Leaflet.

Para comprobar la eficacia del servidor en ofrecer servicios a clientes ligeros hemos seleccionado la librería Open Source Javascript. Leaflet,

Se trata de una librería Open Source (Código abierto), ligera, de apenas 34 kb, adaptada para ser usada en móviles, que funciona en todos los navegadores y, además, nos va a permitir crear mapas elegantes de manera sencilla.

La calidad y la popularidad de esta librería queda notablemente contrastada ya que se usa en numerosos sitios webs tales como FourSquare,, Pinterest, Flickr, Washington Post, The Wall Steet Journal, Geocaching.com, City-Data.com, StreetEasy, Nestoria y Skobbler, entre otros.

No es la única alternativa para desarrollar web mappings, existen otras librerías Javascript como por ejemplo OpenLayers (también es Open Source) y la API de Google Maps.

Hemos utilizado el editor de texto **Notepad++** para escribir el código HTML, Javascript, CSS necesario para crear el web mapping (visor web) con los servicios WMS.

Las páginas webs se estructuran de varios apartados, en el encabezado, comprendido entre las etiquetas `<head>...</head>` hemos realizado una invocación a los archivos alojados en el servidor de Leaflet.

```
<link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet@1.3.1/dist/leaflet.css" integrity="sha512-
```

```
Rksm5RenBEKSKFjgl3a41vrjkw4EVPIJ3+Oil65vTjldo9brlAacEuKOiQ5OFh7cO11bkDwLqdLw3Zg0cRJAAQ==" crossorigin="" />
```

```
<scriptsrc="https://unpkg.com/leaflet@1.3.1/dist/leaflet.js" integrity="sha512-
```

```
/Nsx9X4HebavoBvEBuyp3l7od5tA0UzAxs+j83KgC8PU0kgB4XiK4Lfe4y4cgBtaRJQEIFCW+oC506aPT2L1zw==" crossorigin=""></script>
```

Además, también hemos definido el estilo, indicando entre las etiquetas `<style>...</style>` las dimensiones (largo y alto) del visor en píxeles.

```
<style>#map {width: 1000px;height: 600px;}</style>
```

En el cuerpo, espacio comprendido entre las etiquetas `<body>...</body>` creamos el div (espacio dedicado al mapa en la web) y escribimos el código javascript para añadir las capas WMS mediante la librería Leaflet.

Vamos a añadir tres capas WMS al mapa: Ortoigamen, los grupos de capas MDT 3D y MDE 3D.

Para cada capa es necesario crear un objeto (var = ...) y utilizar la clase Leaflet: `L.tileLayer.wms`. En la clase `L.tileLayer` definimos los parámetros introduciendo la URL, la capa (layer que vamos a cargar), opacidad y añadimos atribución (información de la capa).

```
var PNOA = L.tileLayer.wms("http://localhost:8080/geoserver/TRABAJO/wms",{
layers:"TRABAJO:OI.OrthoimageCoverage",    opacity:    1,attribution:"PNOA
MÁXIMA ACTUALIDAD"}).addTo(map);
```

Código completo: **<!DOCTYPE html>**

```
<html>
```

```
<head>
```

```
<meta charset="UTF-8" >
```

```
<title>TFG </title>
```

```
<link    rel="stylesheet"    href="https://unpkg.com/leaflet@1.3.1/dist/leaflet.css"
integrity="sha512-
RkSm5RenBEKSKFjgl3a41vrjkw4EVPIJ3+Oil65vTjldo9briAacEuKOiQ5OFh7cOI1
bkDwLqdLw3Zg0cRJAAQ=="    crossorigin="">/>
```

```
<script    src="https://unpkg.com/leaflet@1.3.1/dist/leaflet.js"    integrity="sha512-
/Nsx9X4HebavoBvEBuyp3I7od5tA0UzAxs+j83KgC8PU0kgB4XiK4Lfe4y4cgBtaRJ
QEIFCW+oC506aPT2L1zw=="    crossorigin=""></script>
```

```
<style>#map {width: 1000px;height: 600px;} </style>

</head>

<body>

<h1>TFG</h1>

<div id="map"></div>

<script> var map = L.map('map',{center: [39.8369709,-6.0277188 ], zoom: 18});
var PNOA = L.tileLayer.wms("http://localhost:8080/geoserver/TRABAJO/wms",{
layers:"TRABAJO:OI.OrthoimageCoverage",opacity: 1,attribution: "PNOA
MÁXIMA ACTUALIDAD"}).addTo(map);

var MDT3D = L.tileLayer.wms("http://localhost:8080/geoserver/TRABAJO/wms",{
layers:"TRABAJO:MDT 3D",opacity: 0.5,});

var MDE3D = L.tileLayer.wms("http://localhost:8080/geoserver/TRABAJO/wms",{
layers:"TRABAJO:MDE 3D",opacity: 0.5,});

var overlay = {"MDT3D": MDT3D, "MDE3D": MDE3D};L.control.layers(
overlay).addTo(map);

</script>

</body>

</html>
```

Una vez creado el código guardamos el archivo html con el nombre Index.html y lo ejecutamos para para visualizarlo en nuestro ordenador. El resultado se puede visualizar en la imagen inferior.

Se carga de mapa de base la ortoimagen y mediante un selector podemos visualizar el grupo de capas MDT 3D o MDE 3D.

Hemos de señalar que el Leaflet tiene cierta limitación en los niveles de zoom y solo permite hasta el nivel 18. Sin embargo, en QGIS y en el visor OpenLayers de Geoserver podemos utilizar niveles de zoom y escalas mayores.



## Resultado de las diferentes peticiones:

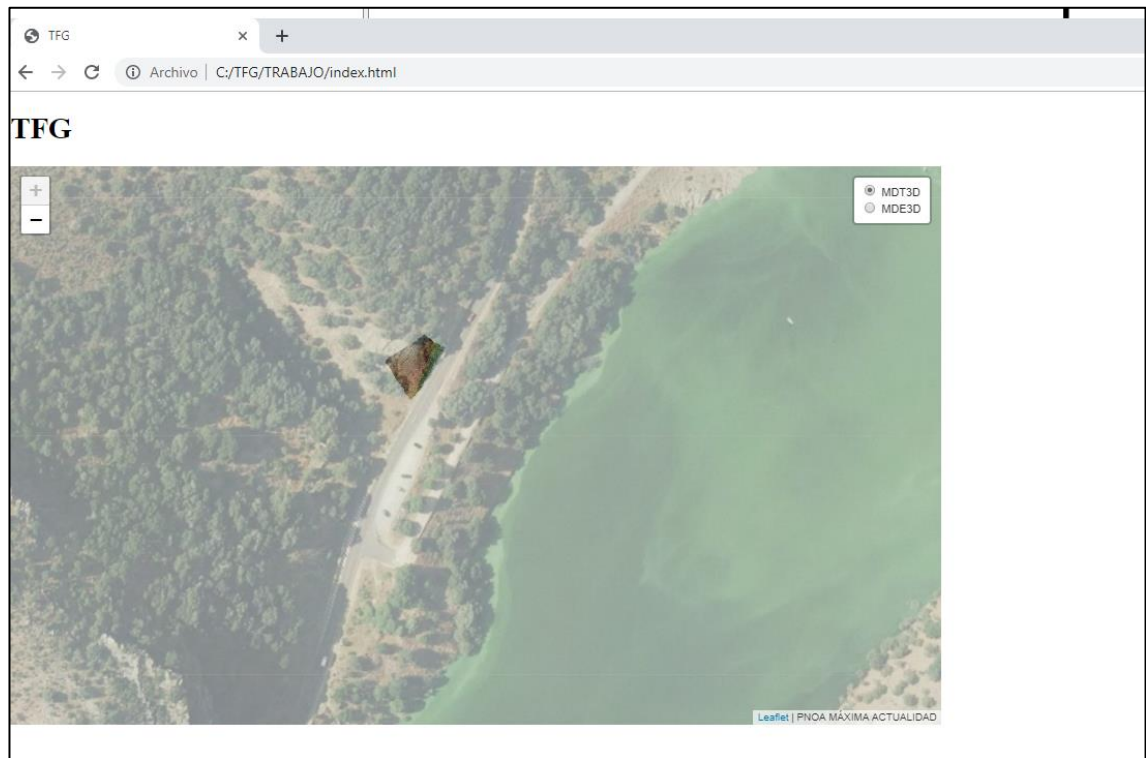


Figura 59: Visor web mapping con las capas WMS de Geoserver. Fuente elaboración propia. Año 2019



Figura 60: Visor web mapping con las capas WMS de Geoserver. Fuente elaboración propia. Año 2019

---

## 8.- Análisis de los resultados generados.

Tras la ejecución de esta parte cuyo objetivo es la fotoreconstrucción 3D de un deslizamiento en el Parque Nacional de Monfragüe y la elaboración de cartografía digital de este utilizando únicamente una cámara fotográfica convencional, software para la fotoreconstrucción o fotogrametría automatizada y las coordenadas de puntos de control obtenidas a partir de un gps de mano, se puede afirmar que estamos ante un método muy útil para los tiempos que corren. Se ha obtenido la datación de un enclave geológico activo con una precisión adecuada para quedarlo georreferenciado y que se pueda seguir su deterioro por escorrentías o desprendimientos o evolución si se ve afectado por otro fenómeno, con una técnica de bajo coste y buenos resultados.

El software empleado no requiere de mucho conocimiento tecnológico es muy intuitivo y rápido en la obtención de resultados. Podemos conseguir menor margen de error con tan solo hacer más fotografías con las mismas características de focal e ISO, que las utilizadas en este caso y así reducir éste. Aunque si no podemos ir a la zona, tenemos la opción de obtener su modelo topográfico a partir de imágenes aéreas de dominio público. Minimiza los tiempos de medición, así como la reducción de los riesgos laborales. Estas son algunas ventajas de las que puedo contar después de haber realizado todo el proceso con este programa.

Una desventaja es que al tratarse de un software de escritorio va a utilizar los recursos del ordenador para generar el modelado 3D, si no disponemos de un ordenador potente, el proceso será lento y arduo. Y quizás no permita crear modelos en calidad alta o muy alta.

Respecto a la comparación de los modelos MDE y MDT vemos que dentro de las ventajas que podemos señalar del MDE se encuentra la rapidez que supone generar un modelo de estas características mediante Agisfot, ya que simplemente debemos seleccionar la opción exportar.

Sin embargo, este software, contiene limitaciones, ya que durante el proceso de creación del MDE se han generado algunos huecos por falta de puntos, creando la sensación de un modelo incompleto.

Aunque Agisoft incluye herramientas que permiten tapar los huecos no se aconseja su uso en hueco de gran tamaño, ya que distorsionan en exceso el modelo.

Otra limitación del software Agisfot es que no incluye herramientas de filtrado de puntos para poder crear un MDT. Debemos eliminar los puntos de forma manual con el consiguiente riesgo.

Tal como hemos visto en los puntos anteriores el modelo MDT obtenido no contiene “huecos”, ya que hemos podido filtrar la nube de puntos para eliminar la vegetación.

En cuanto a la precisión de ambos modelos destaca el MDT que tiene una mayor precisión menor tamaño de pixeles, por otro lado el MDE posee mayor tamaño de pixeles menor precisión.

	MDT	MDE
Numero de bandas	1	1
Tamaño del píxel (x,y)	0.0025,-0.0025	0.0062,-0.0062
Tamaño sin comprimir	6,48 MB	40,6 MB
Formato	GeoTIFF	GeoTIFF
Columnas y filas	1233,1376	6284,5384
Compresión	LZW	LZW

Tabla 7: Comparativa de la calidad de ambos modelos. Fuente propia. Año 2019

En un principio se había valorado la utilización del software 123D Autodesk Catch y CloudCompare para realizar procesos de modelado y georreferenciación del trabajo y poder comprobar que ambos métodos son viables para este tipo de trabajo o no. Debido a la demora en la ejecución de este trabajo de fin de grado cuando he llegado a este paso me he encontrado que este software ya no está disponible de ninguna de las formas que conocemos, tal como informa en su web <https://www.autodesk.com/solutions/123d-apps> Autodesk ya ha retirado el software 123D y se ha centrado en el desarrollo de otras aplicaciones. Por lo tanto se ha generado el modelo solo con AgisoftPhotoScan, suficiente para el objetivo marcado en este trabajo fin de grado.

Y como la tecnología y sus derivados van tan rápido en desarrollo y funcionalidad mejorada, el software CloudCompare no se ha utilizado en el proceso



de georreferenciación, ya que Agisoft PhotoScan incluye en las últimas versiones la posibilidad de georreferenciar de forma bastante sencilla los modelos dentro de sí mismo sin necesidad de terceros.

La generación de la IDE da a este trabajo la libertad de compartir la información y que cualquier usuario profesional o no pueda visualizar e interpretar la zona. De lo intuitivo que es Geoserver para trabajar y de la ventaja que con tan solo copiar la dirección URL lo podemos visualizar.

## **9.- PRESUPUESTO.**

El presupuesto del proyecto está calculado según los Baremos de Honorarios orientativos del Ilustres Colegio de Ingenieros en Geomática y Topografía, que al liberalizar los precios en 2003, nos lleva a una actualización de los honorarios al año 2019. Según ha evolucionado el IPC se estima un incremento de un 18% en estos años para aquellas tarifas como referencia.

Hablamos de un presupuesto total que engloba la cuantía resultante de las dos etapas presupuestarias, en las cuales, se divide este trabajo, tenemos:

A) Trabajo realizado en campo, donde se han tomado los datos del área de estudio con el material preciso para recabar toda la información de la zona necesaria para su posterior procesamiento.

B) Trabajo realizado en el gabinete, tratamiento de los datos de campo con los diferentes softwares para la obtención del modelo vectorial a través de fotogrametría automatizada.

Analizando cada partida anterior por separado, calculo el presupuesto de los trabajos llevado a cabo para la realización del trabajo de fin de grado. La suma de ambas etapas con la aplicación de los impuestos correspondientes al Gobierno de España y al visado del Ilustre Colegio de Ingenieros en Geomática y Topografía nos proporciona la cuantía total de gastos que conlleva realizar esta actividad.

Entonces calculamos:

**ETAPA A:**

FASES	DURACIÓN DE CAMPO
REALIZACIÓN DE FOTOGRAFÍAS	2 DÍAS
COLOCACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL	
TOMA DE COORDENADAS MEDIANTE GPS DE LOS PUNTOS DE CONTROL	

Para calcular los costes de esta etapa se ha utilizado la siguiente tabla de precios:

CONCEPTO	€/DÍA
INGENIERO EN GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA	185
AUXILIAR DE APOYO	90
DIETAS	15
VEHÍCULO	35
CÁMARA DIGITAL	110
EQUIPO DE MEDICIÓN (GPS)	132

El cálculo de los costes directos según la tabla anterior será:

**CALCULO DE COSTES DIRECTOS (CD):**

- INGENIERO EN GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA:  
185 €/día X 2 días = 370 €
- AUXILIAR DE APOYO:  
90 €/día X 2 días = 180 €

→ DIETAS:

$$15 \text{ €/día} \times 2 \text{ días} = 30 \text{ €}$$

→ VEHÍCULO:

$$35 \text{ €/día} \times 2 \text{ días} = 70 \text{ €}$$

→ CÁMARA DIGITAL:

$$110 \text{ €/día} \times 2 \text{ días} = 220 \text{ €}$$

→ EQUIPO DE MEDICIÓN (NAVEGADOR GPS):

$$132 \text{ €/día} \times 2 \text{ días} = 264 \text{ €}$$

El sumatorio de todos los **costes directos** nos da el total de estos que son:

**1.134,00€**

CALCULO DE COSTES INDIRECTOS (CI):

Suponemos que estos costes son el 16% de los costes directos, así tenemos:

$$1.134,00 \text{ €} \times (16 \% / 100 \%) = 181,44\text{€}$$

Total de los **costes indirectos: 181,44€**

SUBTOTAL DE LA ETAPA A:

El subtotal es la suma de los costes directos e indirectos, por lo tanto, queda:

$$\text{CD (coste directo)} + \text{CI (coste indirecto)} = 1.134,00 \text{ €} + 181,44\text{€} = \mathbf{1.315,44\text{€}}$$

**COSTE TOTAL EN LA ETAPA A: 1.315,44 €**

---

## **ETAPA B:**

Esta etapa conlleva la parte de tratamiento de la información necesaria para el uso de los diferentes software, instalación con licencia contratada, uso y manejo con manuales y formación autodidacta. Así como, ver si las imágenes y datos topográficos son actos para este trabajo, engloba todo el trabajo de gabinete, siguiendo las tablas del Ilustre Colegio, tenemos:

$$H_{GB} = 80\% \times H$$

$$H = \{((N_u \times 60) + (N_c \times 9)) \times (B/12)\} + \text{gastos menores}$$

$$= \{((26 \times 60) + (6 \times 9)) \times (98.7\text{€} / 12)\} + 50\text{€}$$

$$= 13.325,15\text{€}$$

De donde:

H son los honorarios orientativos / día.

$N_u$ , son el número de horas empleadas, en jornadas de siete horas, incluido el desplazamiento. En este trabajo, se han invertido 26 jornadas.

$N_c$ , representa el número de horas empleadas, fuera de las siete horas de la jornada laboral o fuera de gabinete. Las cuales han sido 6 jornadas

B, es la base de percepción que se pondera en 98,7 €/ día para este año.

Así los trabajos de gabinete llevan un coste de:

$$H_{GB} = 80\% \times H = (80/100) \times 13.325,15\text{€} = \mathbf{10.660,12\text{€}}$$

**COSTE TOTAL EN LA ETAPA B: 10.660,12 €**

El presupuesto estimado total para este proyecto fin de grado se obtiene sumando las cantidades de las etapas anteriores en las cuales se ha dividido el trabajo y aplicándoles los impuestos y gastos de visado, resulta:

$$\text{COSTE TOTAL (CT)} = \text{COSTE ETAPA A} + \text{COSTE ETAPA B}$$

+ 21 % I.V.A. en el coste total

+ 3% VISADO DEL ILUSTRE COLEGIO INGENIEROS EN GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA en el coste total.

Sale el presupuesto general o total del trabajo, quedando:

$$\text{CT} = 1.315,44 \text{ €} + 10.660,12 \text{ €} = 11.975,56 \text{ €}$$

$$+ (21/100) \times 11.975,56 \text{ €} = 2.514,868 \text{ €}$$

El presupuesto del trabajo aplicado el IVA será 14.490,428 €.

$$+ (3/100) \times 14.490,428 \text{ €} = 434.713 \text{ €}$$

El presupuesto del trabajo aplicado el gasto de visado = 14.925,141 €

**PRESUPUESTO GENERAL O TOTAL:**

**14. 925, 141 €**

---

## 10.- AGRADECIMIENTOS.

Gracias Guillermo por atenderme desde la distancia después de tanto tiempo que empezamos esta andadura. Por responder siempre a tu teléfono personal cuando te he llamado, aunque no fueran horas lectivas.

Agradecer a Parques Nacionales y en especial al equipo de técnicos de Villareal de San Carlos que están a cargo de este gran director Casto por toda su ayuda para recabar la información y acceder a la zona siempre acompañada por ellos.

A los trabajadores de Secretaria, Antonio y Serafín, muchísimas gracias por ponerme las cosas tan fáciles y evitarme tantos kilómetros cada vez que he necesita un trámite administrativo con vosotros. Y sobre todos este trabajo fin de grado que nos ha hecho comunicarnos tanto.

A GeoBit empresa que comercializa en España el software base de este trabajo, pero en especial a José Martínez Rubio, millones de gracias por facilitarme la licencia de cortesía para estudiantes a coste 0€ para poder realizar el tratamiento de los datos con Agisoft.

También, a mi familia que siempre tiene la actitud adecuada para hacerme resurgir, disculparme por el tiempo que no os dedico por no dejar de estudiar y de formarme.

## 11.- FUENTES DE INFORMACIÓN Y CONSULTA

- ☞ RODRIGUEZ FERNÁNDEZ ROBERTO, 2018, "PARQUE NACIONAL DE MONFRAGÜE GUÍA GEOLÓGICA", Instituto Geológico y Minero de España; Organismo Autónomo Parques Nacionales. España. PP 46-84
- ☞ DOCUMENTACIÓN DEL CURSO INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES del INSTITUTO GEOGRÁFICO ESPACIAL, año 2014.
- ☞ DOCUMENTACIÓN DE LA ASIGNATURA DATOS ESPACIALES del CENTRO UNIVERSITARIO DE MÉRIDA, año 2013.
- ☞ James M. R., Robson S., Straightforward reconstruction of 3D surfaces and topography with a camera: Accuracy and geoscience application, año 2012 Journal of Geophysical Research.



- ☞ Westoby M.J. et al., Structure-from-Motion photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications, Londres, Geomorphology 179, año 2012.
- ☞ [www.agisoft.es](http://www.agisoft.es)
- ☞ <https://www.agisoft.es/products/agisoft-photoscan/>
- ☞ [www.autocad.com](http://www.autocad.com)
- ☞ [www.wikipedia.es](http://www.wikipedia.es)
- ☞ <https://qgis.org/es/site/about/index.html#>
- ☞ <https://acolita.com/descarga-manual-curso-pdf-practicas-qgis-incluye-ejercicios/>
- ☞ [https://docs.qgis.org/2.14/es/docs/training\\_manual/](https://docs.qgis.org/2.14/es/docs/training_manual/)
- ☞ <https://rapidlasso.com/lastools/>
- ☞ <https://openlayers.org/>
- ☞ [https://live.osgeo.org/archive/9.5/es/quickstart/openlayers\\_quickstart.html](https://live.osgeo.org/archive/9.5/es/quickstart/openlayers_quickstart.html)

## 12.- PLANOS.

## PLANO 1.- PLANO SITUACIÓN



## PLANO 1.1.- PLANO EMPLAZAMIENTO



## PLANO 2.- PLANTA





### PLANO 3.- PERFIL



## PLANO 4.- ALZADO Y VISTA 3D



### 13.- CD-ROM.



