

UNIVERSIDAD DE OVIEDO
ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES
**MÁSTER EN TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA**



**“PLANIFICACIÓN DE VUELOS
FOTOGRAMÉTRICOS PARA U.A.V. SOBRE
CLIENTE QGIS”**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

AUTOR: Alberto López de la Sierra

TUTORES: Carlos Espadas (Ingecor Geomática S.L.) y Silverio García Cortés

FECHA: Julio 2014

ÍNDICE

1. Resumen	Pág.2
2. Introducción	Pág.3
3. Objetivos	Pág.5
4. Procedimiento	Pág.6
4.1. Equipo e instrumentación	Pág.6
4.1.1. Software MFlip	Pág.6
4.1.2. Cámaras	Pág.8
4.1.3. Microdrones MD4-1000	Pág.11
4.2. Parámetros geométricos de la planificación	Pág.13
4.2.1. Recubrimientos longitudinal y transversal	Pág.13
4.2.2. GSD	Pág.15
4.3. Precisiones y tolerancias	Pág.16
4.4. Apoyo terrestre	Pág.17
4.5. Flujo de trabajo	Pág.18
5. Resultados	Pág.25
5.1. Informe de MFlip	Pág.25
6. Conclusiones	Pág.31
7. Bibliografía	Pág.32
Anejo I	Planos

1. RESUMEN.

RESUMEN

Los vehículos aéreos no tripulados, conocidos popularmente como “Drones”, han supuesto una revolución en el mundo de la fotogrametría, por su alta disponibilidad, su bajo coste y las altas precisiones que se pueden alcanzar.

Con este trabajo se pretende mostrar el proceso de planificación de un vuelo para este tipo de dispositivos, cuya principal diferencia con un vuelo convencional es la menor altura de vuelo y consecuentemente el aumento de precisión que supone volar a alturas más bajas.

Además de la planificación del vuelo fotogramétrico se pretende también realizar una pequeña comparación con los vuelos convencionales y ver las posibles ventajas e inconvenientes que tiene el uso de drones en este tipo de trabajos.

Palabras clave: Vehículos aéreos no tripulados o Drones, planificación de vuelo fotogramétrico, vuelos convencionales.

ABSTRACT

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) commonly known as “Drones”, have supposed a revolution for photogrammetry because of its high availability, its low cost and also the great accuracy we are able to reach.

The aim of this work is to show the photogrammetric planning process for this kind of device, which main difference with a traditional flight is the minor height and the higher accuracy this lower altitude involves.

Apart from photogrammetric planning process, another objective of this work is to carry out a comparison between this flights and traditional ones pointing out the advantages or disadvantages the use of drones have.

Key words: Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) or Drones, photogrammetric planning process, traditional flights.

2. INTRODUCCIÓN.

La necesidad de obtener cartografía de los elementos que nos rodean ha existido siempre. Evidentemente, en cada época se han empleado distintas metodologías y tecnologías para la producción cartográfica.

En la actualidad, una de las técnicas más empleadas es la fotogrametría. La idea de poder sobrevolar una extensión determinada para sacar unas fotografías y en gabinete poder recomponer el modelo para obtener la geometría y los elementos de dicha extensión hace que esta técnica sea muy potente.

No obstante, en determinados proyectos, los elevados costes que supone el despegue de un avión para la realización de la toma fotográfica hacían descartar esta técnica. Una alternativa para viabilizar el uso de la fotogrametría ha llegado con la aparición de los vuelos no tripulados.

Los vuelos UAV nos facilitan una “fotogrametría accesible” empleando instrumental de bajo coste, como cámaras digitales compactas o réflex para capturar las imágenes y vehículos aéreos no tripulados.

Además de la accesibilidad, con esta metodología se puede alcanzar una calidad métrica muy elevada llegando a precisiones centimétricas, debido a dos conceptos principalmente:

- Las tomas fotográficas se pueden realizar a muy baja altura de vuelo.
- En la propia solución del problema se incorporan los modelos matemáticos fotogramétricos (ya contrastados) para la corrección de las posibles distorsiones geométricas de la cámara.

Sin embargo, no todo son ventajas en el uso de UAVs respecto de los vuelos convencionales. Los proyectos de vuelo con dispositivos no tripulados, se ven limitados debido a que su autonomía de vuelo es reducida (aproximadamente una hora, en condiciones muy favorables) lo que hace que éste método sea más apropiado para levantamientos de zonas más reducidas, aunque éste problema se podría resolver dividiendo la zona en varias secciones y realizando varios vuelos.

Fases del proceso fotogramétrico:

Ya sea mediante fotogrametría clásica o mediante vuelos no tripulados, todo proyecto de levantamiento fotogramétrico se divide en las siguientes etapas:

- a) Planificación de vuelo: en la que en función de la resolución que se quiera obtener, la ubicación de la extensión a representar y la orografía del terreno, se obtendrán las posiciones que la cámara ha de tener en cada toma, programando para ello todos los parámetros necesarios en cuanto a altura de vuelo, velocidad de ascenso y desplazamiento, inclinación de la cámara, número de fotos en cada punto, precisión del sistema de posicionamiento, etc.
- b) Apoyo topográfico: la cual será útil para la correcta georreferenciación del producto final y que consiste a grandes rasgos, en situar puntos en el terreno con coordenadas conocidas y perfectamente reconocibles en las fotografías, a fin de poder resolver la orientación externa y georreferenciar nuestro trabajo.

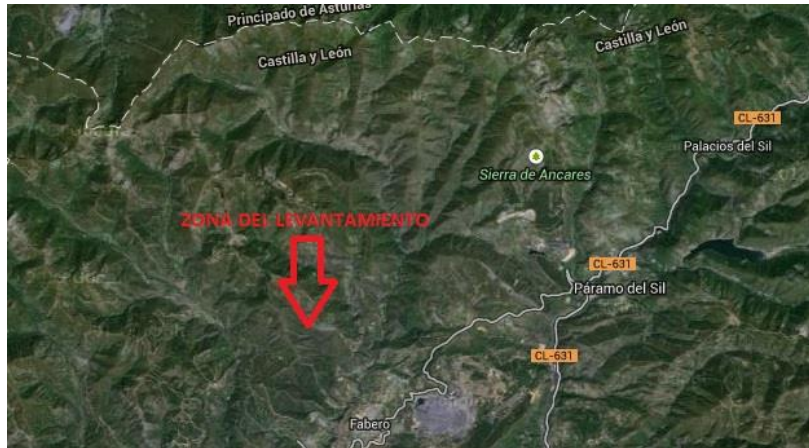
En estas dos primeras fases (sobre todo en la planificación), se centrará el presente Trabajo Fin de Máster.

- c) Toma fotográfica: se suele realizar simultáneamente a la fase anterior. Según el plan de vuelo obtenido en la fase de planificación, se ejecutará la ruta donde se realizará una fotografía en cada punto programado.
- d) Procesado y cálculo: una vez tomadas las fotografías y obtenidas las coordenadas de los puntos de apoyo, se realiza el cálculo de los parámetros de orientación de cada una de las fotografías.

El proceso de cálculo se denomina **Aerotriangulación**, y es un modelo matemático basado en ecuaciones de colinealidad que incorpora gran cantidad de redundancias al proceso para poder dar robustez al sistema y poder obtener unos resultados con alta fiabilidad.

3. OBJETIVOS.

Este trabajo tiene como objetivo principal el de realizar la planificación de un vuelo fotogramétrico con UAVs, concretamente en una zona montañosa adyacente a la Sierra de los Ancares y muy cercana al municipio de Fabero del Bierzo.



1. Situación

Como resultado de la planificación, llevada a cabo mediante el software MFlip (proporcionado por la empresa INGECOR GEOMÁTICA S.L.), se obtendrá una base de datos completa con la información más relevante de la planificación:

- Huellas de cada fotograma en el terreno.
- Identificación de la pasada de cada fotograma.
- Posición y altura de los fotocentros.
- Elevaciones del terreno máxima, media y mínima en cada fotograma.
- GSD máximo, medio y mínimo en cada fotograma.
- Extensión de cada fotograma (coordenadas terreno de cada esquina)
- Orientación (azimut) de cada una de las pasadas.
- Etc.

Para visualizar toda esta información resultado de la planificación, se utilizará el software QGIS, una herramienta SIG de acceso libre y realmente potente. Así mismo y en QGIS, se realizarán planos de los resultados de la planificación (huellas de cada fotograma en el terreno y fotocentros), así como del apoyo topográfico necesario para la georreferenciación del proyecto.

Por último y a modo de conclusión se realizará una comparación entre los vuelos no tripulados y los vuelos convencionales, observando las posibles ventajas e inconvenientes que esta nueva técnica posee.

4. PROCEDIMIENTO.

4.1. Equipos e instrumentación.

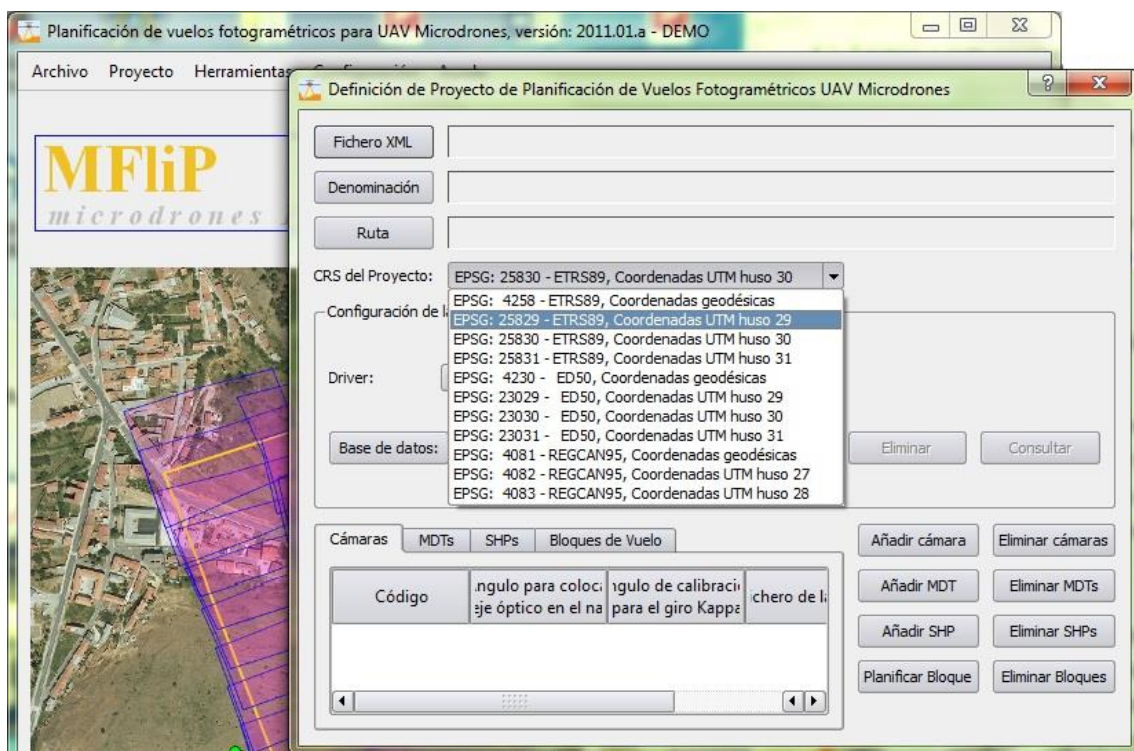
4.1.1. Software MFlip.

Este programa ha sido desarrollado por la empresa INGENCOR GEOMÁTICA S.L.

La finalidad de este programa es la de obtener la planificación del vuelo fotogramétrico y el fichero de vuelo de Microdrones para la zona sobre la que se quiere realizar el vuelo.

El proceso de trabajo y los datos necesarios para trabajar con el programa son los siguientes:

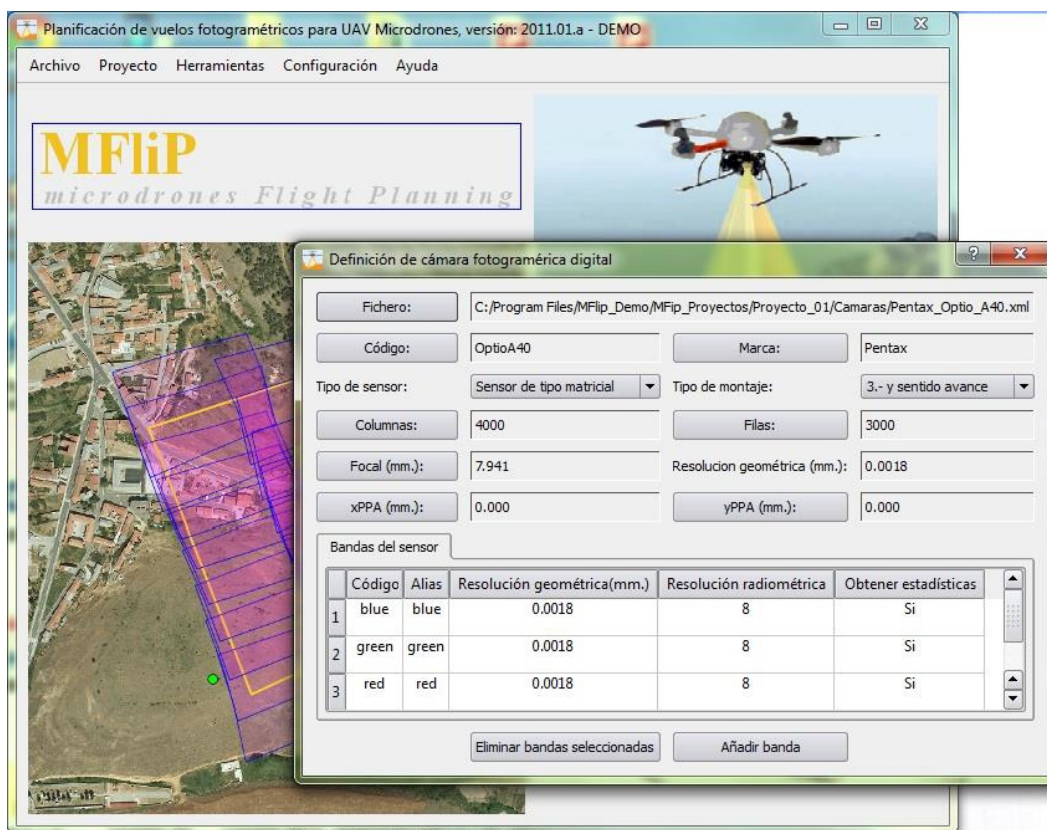
- a) Creación de un nuevo proyecto: el cual tiene extensión *.XML. Se debe asignar en este punto el CRS (Sistema de Referencia). En el caso que nos ocupa, éste se identifica con el código EPSG 25829, que se corresponde con el Sistema de Referencia ETRS89 y como sistema de proyección el UTM en el huso 29.



- b) Definición de una base de datos: internamente este programa crea una base de datos de Access (*.mdb) en la que almacenará todos los datos que resulten de la planificación. Simplemente se dará una ruta al fichero a generar y automáticamente quedará creada la base de datos.

c) Generación de un fichero de cámara: también se trata de un fichero *.XML. Se trata de un fichero de definición de cámara, incorporando la información que el programa requiere de la misma:

- Tipo de sensor: si se trata de un sensor matricial, lineal o puntual.
- Tipo de montaje: en donde se indica cómo se posiciona el sistema de coordenadas imagen respecto del eje de vuelo. Este parámetro es muy importante ya que indica la orientación de la imagen respecto de la dirección de la pasada. En el caso de este proyecto el sentido de avance de la Y.
- Formato de la imagen: extensión en píxeles de la imagen, es decir, número de filas y columnas que componen una imagen.
- Focal: correspondiente a la distancia focal de la cámara, medida en milímetros.
- Resolución geométrica: tamaño de un píxel en el sensor.
- Coordenadas X e Y del punto de autocolimación (obtenido del certificado de calibración de la cámara).
- Bandas del sensor: se especificarán las bandas de cada sensor y la resolución radiométrica de las mismas.



- d) Introducción de los datos de partida: para el cálculo de la planificación, el programa necesita unos datos de partida, los cuales se enumeran a continuación:
- MDT: se debe contar con un Modelo Digital del Terreno que cubra completamente la zona de ejecución del proyecto, a fin de realizar el control geométrico del vuelo. Se admiten formatos *.IMG (Erdas) y *.ERS (ER Mapper). En caso de no disponer de estos formatos, el programa proporciona herramientas para obtener los modelos en formato *.ERS.
 - Ortoimágenes: aunque no es imprescindible para el cálculo, resulta de gran ayuda disponer de una ortofotografía de la zona de trabajo.
 - Ficheros formato *.Shp de la zona: se necesitan un fichero de tipo área que delimite la zona de trabajo, un fichero de tipo línea que indique la dirección de vuelo y además dos ficheros de tipo punto en los que se indican los puntos de despegue y aterrizaje del Dron.
- e) Planificación del bloque de vuelo y exportación de resultados: en este paso y una vez introducidos todos los datos anteriores, procedemos a crear la planificación y a exportar los resultados para poder visualizarlos en GIS. Todos los parámetros que se necesitan introducir en cuanto a recubrimientos, precisiones, etc., serán explicados en los sucesivos puntos de este trabajo.

4.1.2. Cámaras.

Para la realización del proyecto se contaba con dos cámaras digitales: una Olympus EPM-2 con un objetivo ZUIKO Digital 17 f2.8 y una Sony Nex-7 incorporando un objetivo SEL 20 f2.8.

A continuación se describen las características de ambas cámaras, justificando en función de las mismas la utilización de una u otra.

Olympus EPM-2 y objetivo ZUIKO Digital 17 f2.8:

- Resolución: 4608 x 3456 Píxel.
- Tamaño del sensor: 17.3 x 13 mm².
- Distancia focal: 17mm
- Tamaño de píxel o resolución geométrica: 0.0037mm o 3.7µm.
- Resolución radiométrica: tres bandas (RGB) con resolución de 12bit.
- Peso del conjunto: 269g (cuerpo + baterías y tarjeta de memoria) + 71g (objetivo) = 340g.



Cámara Olympus EPM-2 1



Objetivo M.ZUIKO 17 f2.8

Sony NEX-7 y objetivo Sony SEL 20 f2.8:

- Resolución: 6000 x 4000 Píxel.
- Tamaño del sensor: 23.5 x 15.6 mm².
- Distancia focal: 20mm
- Tamaño de píxel o resolución geométrica: 0.0039mm o 3.9µm.
- Resolución radiométrica: tres bandas (RGB) con resolución de 24bit.
- Peso del conjunto: 291g (cuerpo + baterías y tarjeta de memoria) + 69g (objetivo) = 360g.



Cámara Sony NEX-7



Objetivo Sony SEL 20 f2.8

Los proyectos fotogramétricos con UAVs están marcados por la autonomía de los mismos, con lo que a la hora de elegir la cámara se deberá tener en cuenta primeramente los parámetros que tengan una relación directa sobre la misma, estos son focal y peso.

Una focal superior implica una altura de vuelo superior, lo que conlleva una disminución en la autonomía de vuelo. En el caso de nuestro proyecto, en el que se quiere obtener un GSD de 4.7 centímetros, si $H = \frac{focal \times GSD}{tamaño \ pix}$ entonces las alturas aproximadas de vuelo serán de 174 y 216m para la Olympus y la Sony respectivamente. Si añadimos que la Sony tiene un peso un poco superior, se deduce que la Olympus sería la más adecuada en cuanto a la autonomía, aunque las diferencias son mínimas.

No obstante, la calidad de las imágenes es muy superior en el caso de la Sony, al tratarse de una cámara con una resolución de 24.3 megapíxeles (frente a los 16 de la Olympus) además de una resolución radiométrica muy superior (de 24bit, frente a 12 en el caso de la Olympus).

Se concluye entonces que pese a que la cámara Olympus podría aportar unos minutos extra de vuelo, la cámara más adecuada para el trabajo sería la Sony NEX-7 por su mayor resolución tanto geométrica como radiométrica.

4.1.3. Microdrones MD4-1000.



Microdrones MD4-1000

Se trata de un vehículo aéreo no tripulado, fabricado por la empresa Microdrones GmbH, que puede funcionar tanto de forma manual como de forma autónoma y que ha sido diseñado para realizar trabajos de distinta naturaleza, desde trabajos de documentación y exploración hasta trabajos de topografía y fotogrametría como es el caso que nos ocupa.

Características del equipo:

A continuación se resumen las especificaciones y condiciones operativas del Drone MD4-1000.

Especificaciones técnicas:

- Velocidad máxima de ascenso: 7.5m/s
- Velocidad máxima de crucero: 15m/s
- Peso del vehículo: 2650g
- Carga máxima: 1200g
- Dimensiones: 1030mm entre rotores.
- Autonomía: un máximo de 54 minutos dependiendo de la carga y de condiciones de viento, altura de vuelo, etc.

En la tabla que se muestra tras estas líneas, se especifica la autonomía del drone, en función del “sensor” que se le acople.

		Flight time in minutes																						
Config.	Cameras	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	70
md4-200 4S	Daylight	■	■	■	■	■	■	■																
	Dawn	■	■	■	■	■	■	■																
	Pentax (Still)	■	■	■	■	■	■	■																
	Lumix (Video)	■	■	■	■	■	■	■																
	Thermoimaging	■	■	■	■	■	■	■																
md4-1000 6S2P	Daylight	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Dawn	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Pentax (Still)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Lumix (Video)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Thermoimaging	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	up to 500g	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	up to 800g	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	max. 1200g	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
md4-1000 6S3P	Daylight	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Dawn	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Pentax (Still)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Lumix (Video)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Thermoimaging	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	max. 500g	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Autonomía Microdrones

En el caso de este trabajo y sabiendo que nuestra cámara tiene un peso que ronda los 500g, la autonomía se situaría entre los 39 y los 54 minutos, con lo que podría situarse la autonomía alrededor de los 45 minutos aproximadamente. Así, si como resultado de la planificación se obtiene un tiempo superior, se modificarán los parámetros del vuelo para ajustar los tiempos y conseguir un tiempo más reducido.

Condiciones operacionales:

- Temperatura: 0°C a 40°C
- Humedad: máximo de 80%
- Tolerancia al viento: rachas de hasta 6m/s
- Altura de vuelo: superior a 1000m

4.2. Parámetros geométricos de la planificación.

4.2.1. Recubrimientos longitudinal y transversal.

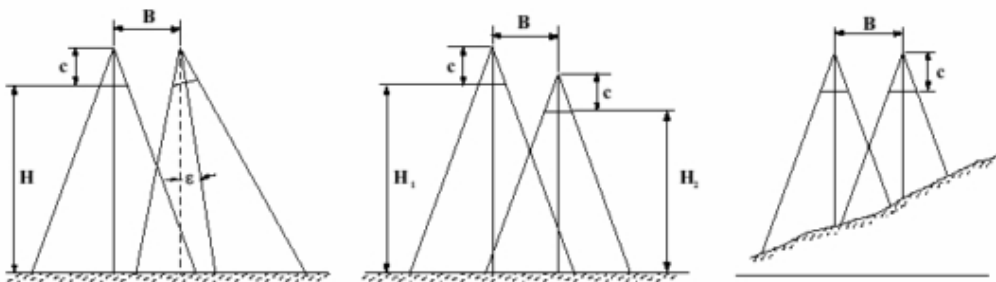
Los recubrimientos longitudinal y transversal son dos de los parámetros fundamentales del vuelo fotogramétrico. El objeto de los recubrimientos fotográficos es el de poder aplicar el principio de la visión estereoscópica a los fotogramas aéreos. La parte común entre dos fotografías consecutivas es el modelo estereoscópico, debiendo poder enlazarse estos modelos tanto longitudinal como transversalmente.

Recubrimiento longitudinal:

Si nos encontrásemos en la situación ideal en la que el eje principal es estrictamente vertical, el terreno es llano y horizontal, y el avión vuela en línea recta y a una altitud constante, el trabajo que se obtendría sería una serie de fotografías a intervalos iguales, de modo que dichas fotos se alinearían formando una banda o pasada fotográfica.

Sin embargo, en la realidad, la forma y dimensiones del terreno cubierta por las fotos son función de:

- La inclinación del eje vertical.
- Variaciones en la altura de vuelo.
- El relieve del terreno.

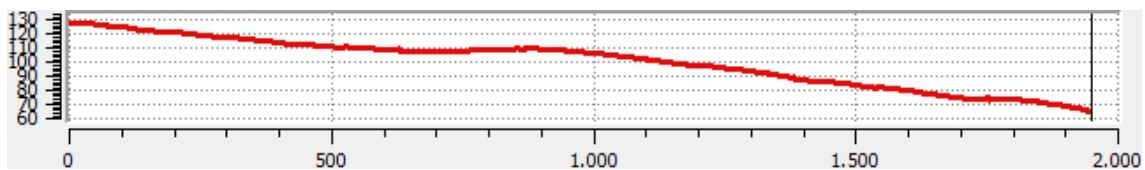


Para asegurar que se produce el recubrimiento estereoscópico a pesar de estas alteraciones, se debe elegir una base (B; separación entre tomas sucesivas) que sea menor que la mitad del lado del fotograma proyectado en el terreno, es decir, un recubrimiento superior al 50%, pero sin aumentar demasiado este margen ya que en caso de exceso aumentaríamos el número de pares, disminuyendo el rendimiento.

En el caso de este trabajo, las tomas serán siempre verticales y la altura relativa sobre el terreno se mantendrá constante, para asegurar un GSD constante en todas las fotografías, con lo que el fenómeno que más influencia tendría a la hora de asegurar el recubrimiento sería el relieve del terreno.

Si realizamos un perfil longitudinal del terreno, vemos que la pendiente del terreno es bastante suave y constante, con lo que no se hace necesario aumentar en exceso el recubrimiento.

En este caso se tomará un valor del 62% de recubrimiento longitudinal.



Perfil Longitudinal

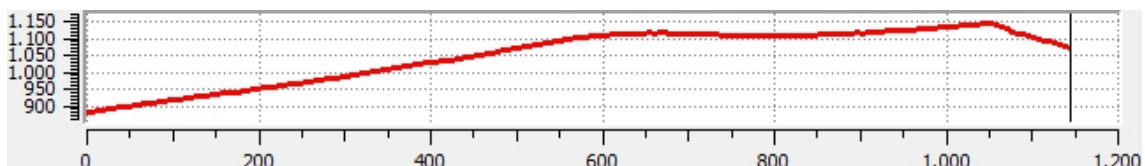
Recubrimiento transversal:

Para cubrir un territorio extenso es preciso hacer varias bandas o pasadas dispuestas lateralmente respecto de la primera. Deben ser paralelas y recubrirse de modo que no exista ningún hueco en la cobertura.

El recubrimiento lateral deberá ser mínimo para disminuir en lo posible el número de pasadas y por lo tanto aumentar la autonomía de vuelo (que como ya se ha dicho es fundamental en estos proyectos con UAVs), debiendo situarse entre un mínimo del 15% y un máximo del 30%

Como en el caso del recubrimiento longitudinal, si se estudia la pendiente del terreno realizando un perfil transversal, se puede apreciar que no hay cambios bruscos en la pendiente, si no que se trata de una pendiente suave.

Se tomará entonces como valor para el recubrimiento transversal un valor del 20%.



Perfil Transversal

4.2.2. GSD.

Del inglés Ground Sample Distance, o distancia de muestreo en el terreno. En una foto digital del terreno hecha desde el aire, se trata de la distancia medida entre centros de los píxeles en el terreno.

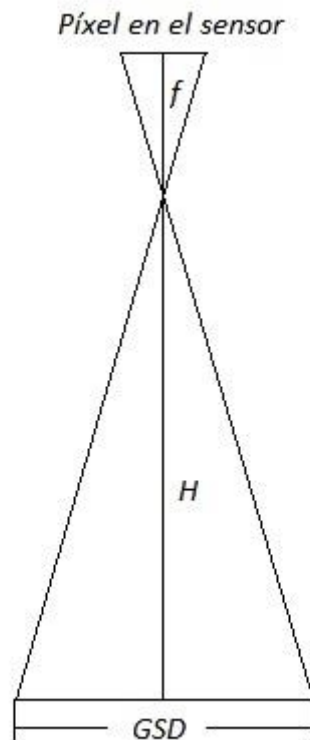
Dicho de otra forma, si se considera una imagen con un GSD de un metro, un píxel de la imagen se corresponde con una superficie de 1m² (1x1m) en el terreno.

En fotogrametría también se habla del GSD como el campo de vista instantáneo proyectado sobre el terreno (GIFOV_Ground Instant Field Of View).

Esta magnitud está directamente relacionada con la altura de vuelo y la focal de la cámara por medio de la expresión:

$$GSD = \frac{H \times \text{tamaño píxel}(\text{sensor})}{focal}$$

Gráficamente:



En el caso de este trabajo el valor del **GSD** se ha establecido en **47mm**.

4.3. Precisiones y tolerancias:

GPS:

El GPS incluido en el Microdrones MD4-1000 se trata de un sistema de posicionamiento que trabaja en el modo de navegación, recibiendo correcciones por radio. Esto implica que se pueden alcanzar precisiones en la posición inferiores a los 2m.

En el caso de este trabajo y puesto que el tiempo de vuelo es reducido, se podrían alcanzar precisiones cercanas a **1m**, ya que la constelación GPS en este corto período de tiempo no sufriría excesivos cambios y se podría triangular la posición con mayor precisión.

Parámetros de la orientación externa (ω , φ , κ):

Se incorpora un sistema inercial, el cual mide los ángulos de rotación del drone y por lo tanto de la imagen, en todos los ejes.

El parámetro ω , mide la rotación en el eje de avance del drone; el parámetro κ , mide la rotación en el eje óptico de la cámara y por último el parámetro φ mide la rotación en el eje perpendicular a los otros dos.

Estos parámetros sirven para relacionar el sistema de coordenadas espaciales del terreno con el sistema de coordenadas de la imagen, lo que se conoce en fotogrametría como **orientación externa**.

La precisión en estos parámetros viene definida por la calibración del sistema INS. En este caso los valores que definen la precisión para cada parámetro son:

- Omega (ω): 0.5 grados.
- Phi (φ): 2 grados.
- Kappa (κ): 0.2 grados

Tolerancia en el GSD:

Como ya se ha dicho, la altura de vuelo relativa sobre el terreno se mantiene constante, para mantener constante el GSD. No obstante, esto implica constantes subidas y bajadas del drone según aumente o disminuya la altura del terreno, lo que reduce su autonomía.

Para evitar este efecto se introduce un valor del 15% de tolerancia, de forma que el drone pueda volar a una altura más constante.

4.4. Apoyo terrestre.

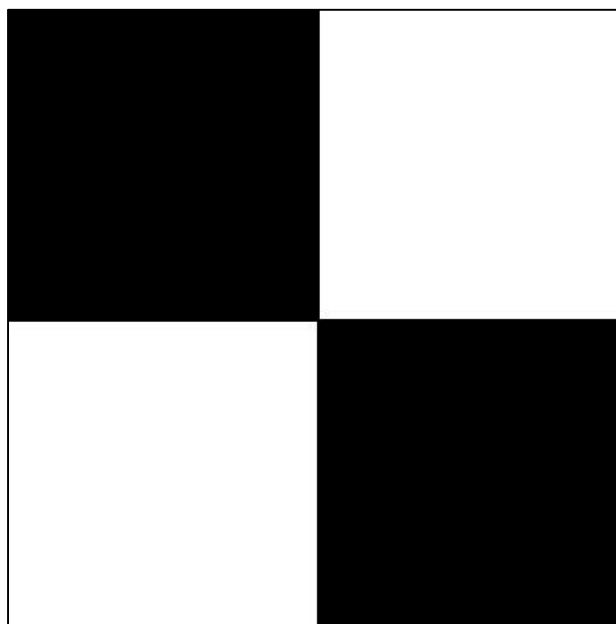
Para que el vuelo sea directamente relacionable con el terreno, es decir, pueda ser georreferenciado, son precisos unos puntos de control cuya posición será conocida en sus tres posiciones X, Y, Z.

Es imprescindible elegir como puntos de referencia aquellos que sean claramente identificables en la fotografía, utilizando para ello cruces de caminos o lindes u otros elementos de clara identificación.

Debido a que este proyecto concreto está realizado en una zona de montaña, en la que es más difícil identificar puntos claramente, previamente al vuelo situaremos unas dianas de un tamaño superior al GSD (47mm), de forma que se puedan ver claramente en las fotografías.

Una vez situadas en el terreno, se debe dar posición absoluta a las mismas. Para ello se utilizará como método de medición el GPS en modo estático-relativo diferencial, el cual nos proporciona una precisión en cuanto a la posición por debajo del centímetro.

Para documentar la posición de cada uno de los puntos de apoyo, en este caso se realizará un plano (ver anejo 1) con cada uno de los puntos situados en el terreno, indicando sus coordenadas.



Diana para el apoyo fotogramétrico

4.5. Flujo de trabajo.

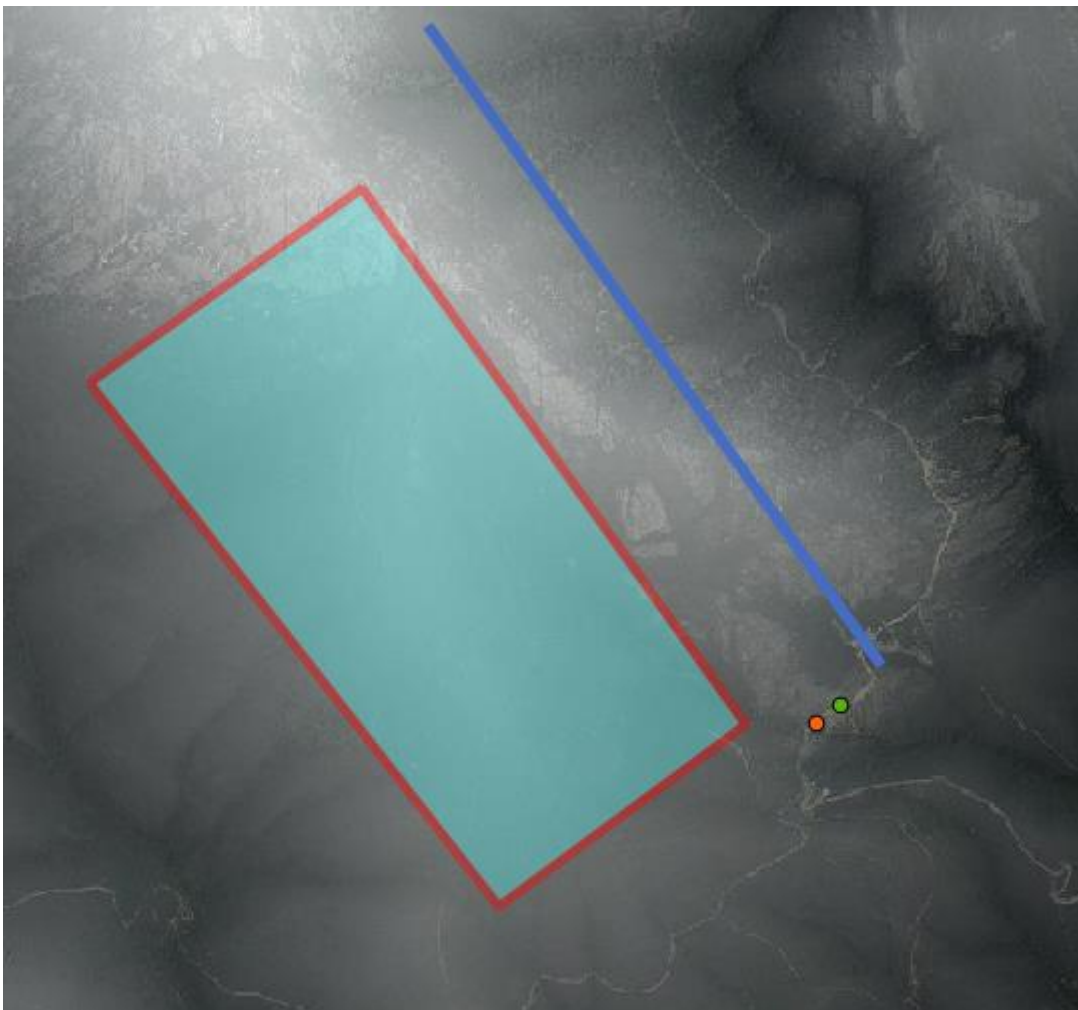
A continuación se procede a resumir todo el flujo de trabajo, desde la obtención de los datos de partida hasta la planificación en MFlip.

- Obtención de los datos de partida:

MDT: en este caso se ha obtenido a través del organismo autonómico ITACyl (Castilla y León) un Modelo digital de Terreno con una resolución de 5m.

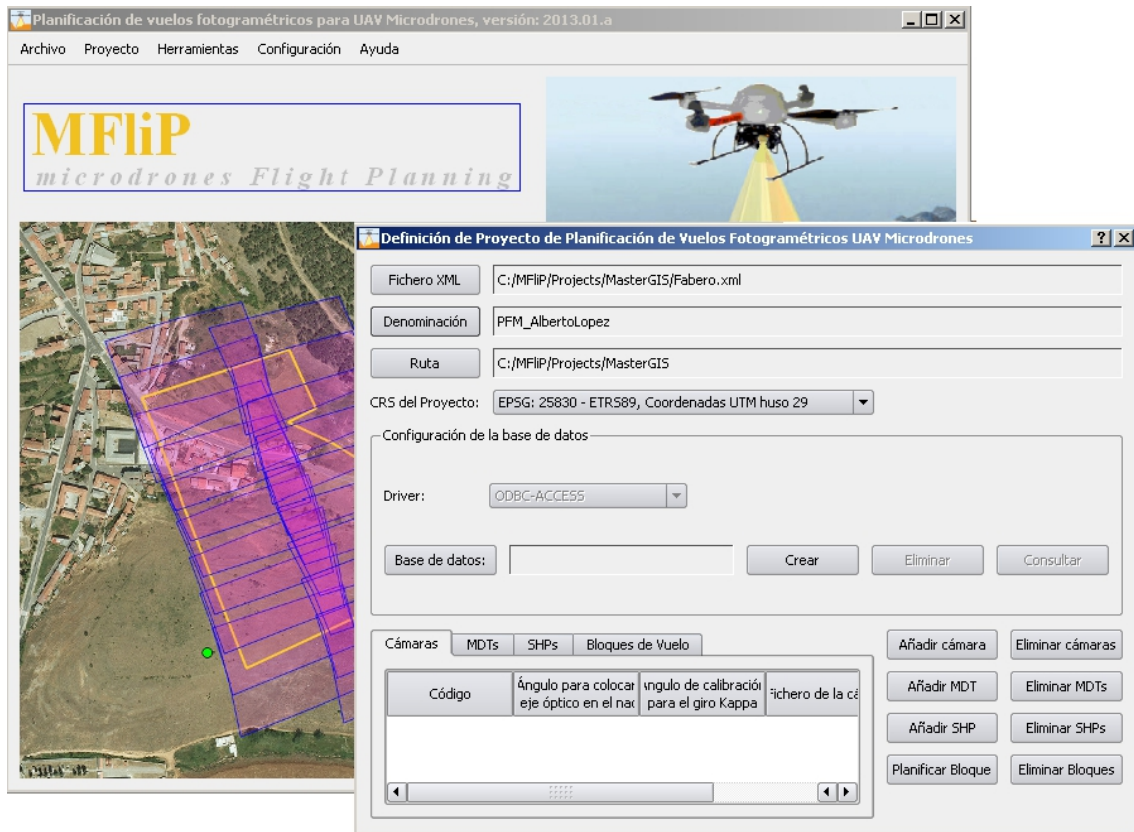
Ortofotos: obtenidas a través del IGN y pertenecientes al PNOA, con un tamaño de pixel de 50cm.

Ficheros Shape: creados en QGIS y que se componen de un fichero de tipo área (que delimita la zona del levantamiento), otro de tipo línea (que marca la dirección de vuelo) y otros dos de tipo punto que marcan los puntos de despegue y aterrizaje.



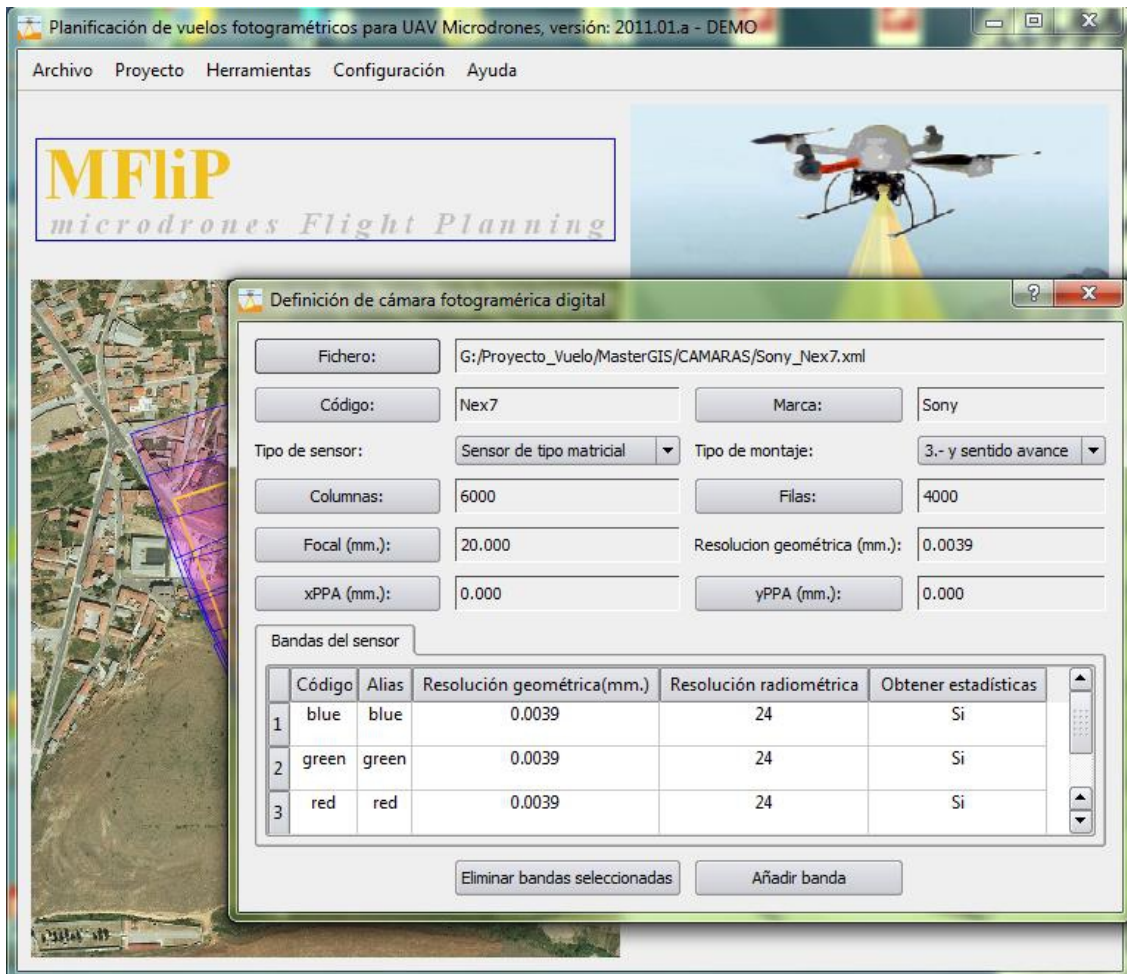
- Definición del proyecto en MFlip:

En este punto se creará el fichero XML en el que se almacenará todo el proyecto de planificación. Además se asignará el Sistema de Referencia (Código EPSG 25829, correspondiente al ETRS89 UTM29) y se creará la base de datos de Access, simplemente dando la ruta al fichero de salida. En la imagen de abajo se puede ver el proceso.



- Adición de los datos:

Fichero de cámara: una vez creado el fichero *.XML de definición se añadirá en al apartado correspondiente. En la imagen de abajo se puede ver el menú en el que se pueden definir los parámetros de definición de la cámara.



MDT y Shapes: se añaden tanto los shapes creados en QGIS como el MDT del PNOA.

- Planificación del bloque de vuelo:

En el panel de planificación del bloque introduce el nombre y código del bloque a generar, el fichero *.SHP que define la zona y el *.SHP que define la dirección de vuelo.

A continuación se piden **los parámetros geométricos de la planificación:**

- GSD: 0.047m
- Tolerancia del GSD: 15%
- Recubrimiento longitudinal: 62%
- Recubrimiento transversal: 20%

Una vez seleccionados estos parámetros se piden **las precisiones:**

- GPS: 1m
- Omega: 0.5 grados

- Phi: 2 grados
- Kappa: 0.2 grados

En la imagen siguiente se muestra el panel de planificación:

Planificación de un bloque de vuelo

Código: 1001 Cámara: Nex7 CRS: EPSG: 25829 - ETR589, Coordenadas UTM huso 29

Información del fichero Shp con la definición de las zonas de vuelo

Fichero Shp: C:/MFLiP/Projects/MasterGIS/DATOS/01_Zona.shp

Campo id: IDZONA CRS del Shp: EPSG: 25829 - ETR589, Coordenadas UTM huso 29

Información del fichero Shp con la dirección inicial de las pasadas para cada zona

Fichero Shp: C:/MFLiP/Projects/MasterGIS/DATOS/01_Vector.shp

Campo id: IDZONA CRS del Shp: EPSG: 25829 - ETR589, Coordenadas UTM huso 29

Parámetros geométricos de la planificación

GSD (m.): 0.047 Tol. GSD (%): 15.0 Rec. Longitudinal (%): 62.0 Rec. Transversal (%): 20.0

Número de puntos en que se divide cada lado del marco de la imagen para generar su huella contra el MDT: 3

Precisiones

GPS (m.): 1.000 Omega (DEG): 0.50 Phi (DEG): 2.00 Kappa (DEG): 0.20

Vuelo planificado para UAV:

Definir parámetros para vuelo de UAV

Fichero de resultados: C:/MFLiP/Projects/MasterGIS/Informe_bloque_1001.sal

Procesar

Tablas en la base de datos

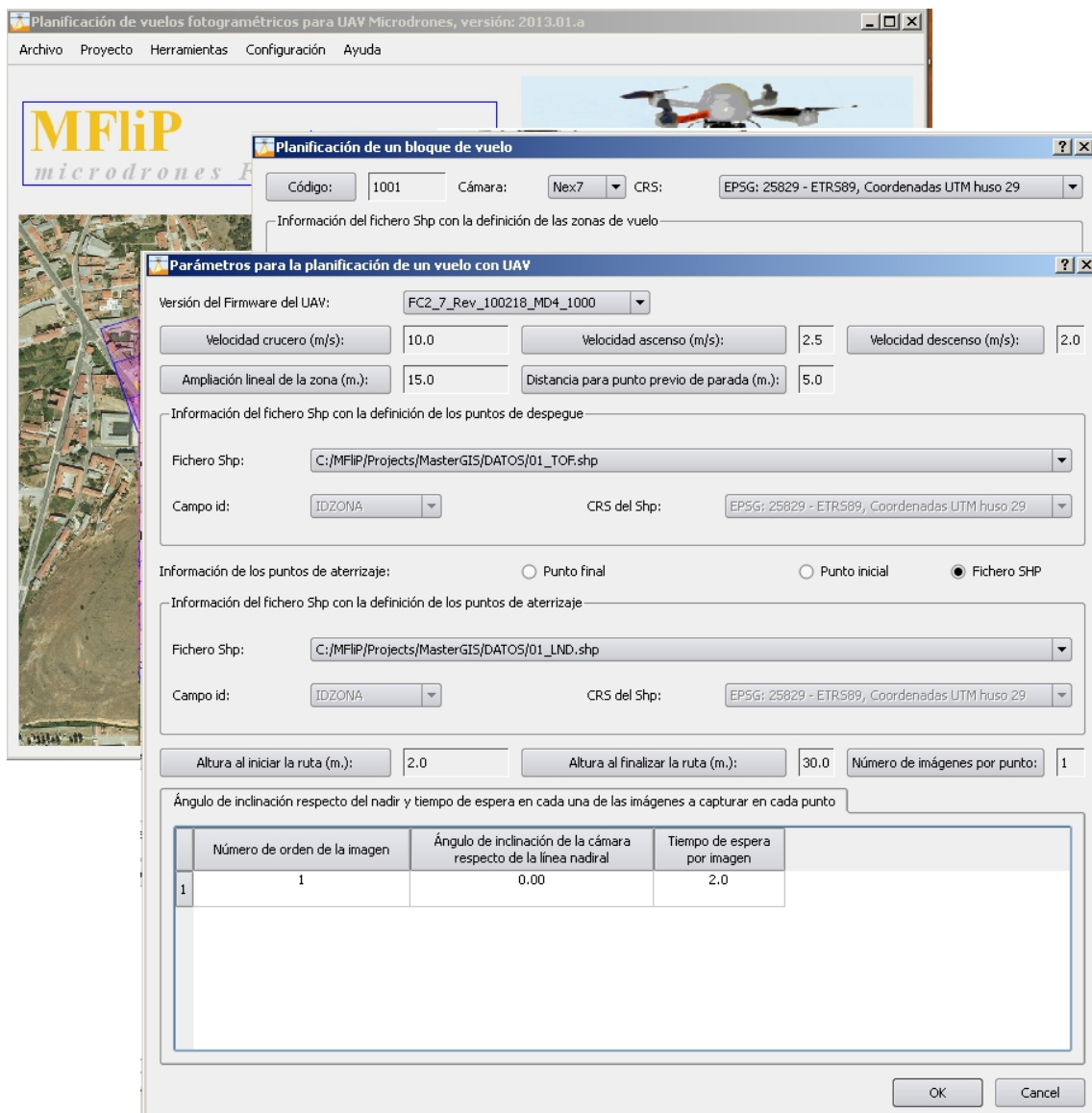
Contenido de la tabla	Nombre de la tabla

Por último, dentro de la planificación del bloque, se deben definir los parámetros del vuelo de UAV:

- Velocidad de crucero: 10m/s
- Velocidad de ascenso: 2.5m/s
- Velocidad de descenso: 2.0m/s
- Ampliación lineal de la zona: valor que asegura una cobertura de toda la zona; hace que la huella de la primera pasada no esté

perfectamente alineada con el límite de la zona, si no que la sobrepase en la distancia indicada; en este caso 15m.

- Distancia previa para punto de parada: indica la distancia a la que el dron reduce la velocidad antes del siguiente punto de toma; en este caso 5m.
- Indicación de los puntos de despegue y aterrizaje (los introducidos al principio).
- Altura al iniciar la ruta: 2m.
- Altura al finalizar la ruta: 30m. El UAV se mantendrá a esta altura para evitar obstáculos hasta llegar al punto de aterrizaje.
- Número de imágenes por punto: en este caso se tomará sólo una imagen.



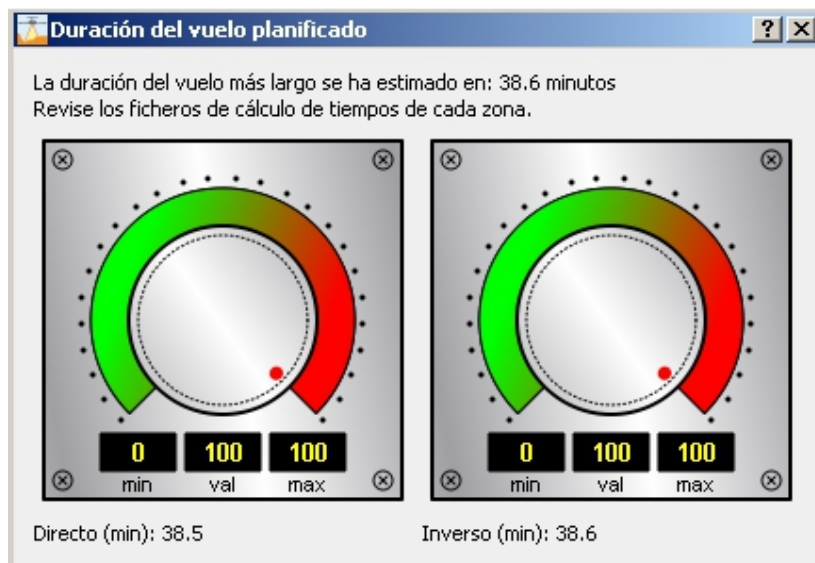
- Procesado del bloque de vuelo: una vez introducida toda la información sólo resta procesarla. Como resultado se producen los siguientes informes:

Nombre	Tipo
Informe_dir_dron_time.sal	Archivo SAL
Informe_inv_dron.uav	Archivo UAV
Informe_inv_dron_time.sal	Archivo SAL
Informe.csv	Microsoft Excel Comma Separated Values File
Informe.sal	Archivo SAL
Informe_dir_dron.uav	Archivo UAV

Informes resultado de la planificación

Los ficheros con extensión *.UAV son los ficheros del vuelo del Microdrones, tanto en sentido directo como inverso.

Estos llevan además asociados un fichero *.SAL con la información relativa a los tiempos de vuelo. Estos tiempos también se muestran de forma gráfica, como se puede ver en la siguiente figura.



Widget que representa duración del vuelo

Por último también se crean un fichero *.SAL y *.CSV que contiene información sobre el número de zonas, las pasadas, las coordenadas de los puntos de toma de las imágenes, las alturas y las coordenadas de los puntos de despegue y aterrizaje.

- Exportación de resultados para la visualización en QGIS:

La herramienta de exportación a shape, permite exportar toda la información geométrica relativa al proyecto, el cual se ha calculado en formato *.SHP.

Entre las múltiples opciones de exportación que ofrece el programa, se han escogido los siguientes elementos:

- Geometría 3D de los centros de proyección
- Geometría 3D de la huella de cada fotograma contra el MDT
- Geometría 2D de la huella estereoscópica contra el MDT

A continuación se muestra una imagen del menú de exportación:

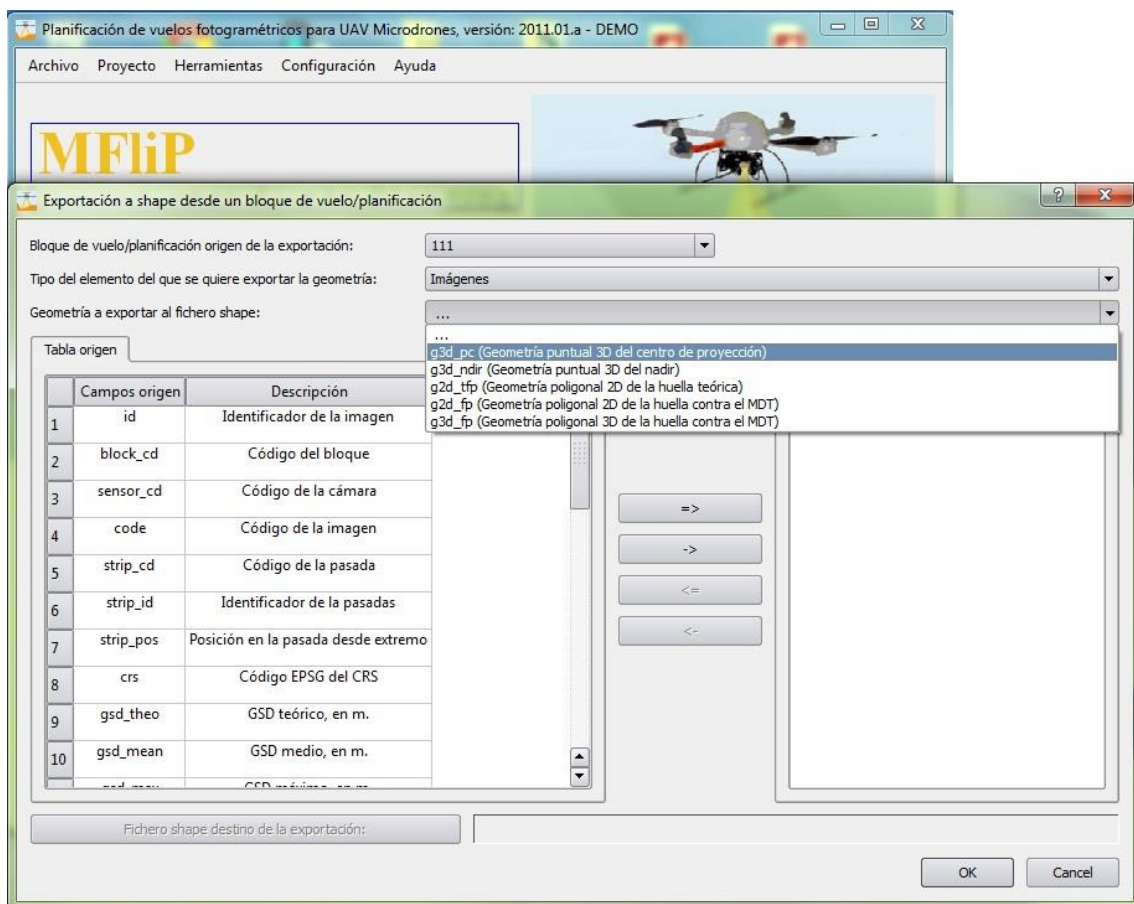


Imagen del Menú de exportación

5. RESULTADOS.

5.1. Informe de MFlip.

Informe relativo al bloque completo

PLANIFICACIÓN DEL BLOQUE DE VUELO DE CÓDIGO: 1001

- *Recubrimientos calculados en función de tolerancias y errores del GPS e INS:*
 - Recubrimiento longitudinal: 66.3 %
 - Recubrimiento transversal: 21.9 %
- *Número de zonas leídas del fichero shape: 1*
- *Procesando zona de código: 1*

➤ Definición de la dirección de las pasadas:

	Coordenada X	Coordenada Y	Distancia
ENVELOPE	1296,3902	1417,6724	
Punto Inicial	693725,2699	4741055,9879	
Punto más cercano en la zona	693464,6487	4740930,1725	298,4010
Posición en coordenadas locales	10000,0000	10000,0000	
Punto Final	692842,9978	4742300,4560	
Punto más cercano en la zona	692706,3368	4741988,4048	340,6643
Posición en coordenadas locales	11301,8804	10000,0000	

➤ Definición del punto de despegue y aterrizaje:

	Coordenada X	Coordenada Y
Punto de despegue	693604,5380	4740932,9342
Posición en coordenadas locales transformadas	9920,7629	9884,6826
Punto de aterrizaje	693650,9733	4740970,0825
Posición en coordenadas locales transformadas	9923,9115	9825,2997
ENVELOPE de la ZONA TRANSFORMADA		
Mínimo	9957,0216	9965,0000
Máximo	11338,1754	10696,0378
ENVELOPE del MDT en Sistema Origen		
Mínimo	691884,3130	4740225,2314
Máximo	693887,9165	4742354,7748
ENVELOPE del MDT en Sistema Transformado		
Mínimo	9752,2649	9656,8017
Máximo	11506,6734	10864,5358

- Intervalo de altitudes del MDT en sistema origen:
 - Altitud mínima: 740.7600
 - Altitud máxima: 1330.8280
- Determinación de fraccionamiento de pasadas:
 - Pasada: 1
 - Número de subpasadas: 0
 - Subpasada: 1
 - Número de imágenes: 22
 - Pasada: 2
 - Número de subpasadas: 0
 - Subpasada: 2
 - Número de imágenes: 22
 - Pasada: 3
 - Número de subpasadas: 0
 - Subpasada: 3
 - Número de imágenes: 22

<i>Pasada</i>	<i>Imagen</i>	<i>Coor.X.</i>	<i>Coor.Y.</i>	<i>Altitud</i>	<i>Coor.X.L.</i>	<i>Coor.Y.L.</i>	<i>Alt.Vuelo</i>	<i>Alt.Ini.Ruta</i>	<i>Alt.Cen.Proy.</i>	<i>Captura.Img.</i>
Despegue		693604.5380	4740932.9342	863.8953	9920.7629	9884.6826	2.0000	0.0000	865.8953	--
Aterrizaje		693650.9733	4740970.0825	870.1123	9923.9115	9825.2997	30.0000	34.2169	900.1123	--
1	1	693386.2023	4740858.6674	922.8744	9987.5702	10105.4150	240.0256	297.0047	1162.9000	Si
1	2	693349.4706	4740909.9268	933.4929	10050.6316	10105.4150	229.4071	297.0047	1162.9000	Si
1	3	693312.7390	4740961.1862	941.3169	10113.6930	10105.4150	221.5831	297.0047	1162.9000	Si
1	4	693276.0073	4741012.4457	949.0720	10176.7545	10105.4150	240.0256	323.2023	1189.0976	Si
1	5	693239.2756	4741063.7051	966.0561	10239.8159	10105.4150	223.0415	323.2023	1189.0976	Si
1	6	693202.5439	4741114.9645	978.6135	10302.8774	10105.4150	240.0256	352.7438	1218.6391	Si
1	7	693165.8123	4741166.2240	990.3467	10365.9388	10105.4150	228.2924	352.7438	1218.6391	Si
1	8	693129.0806	4741217.4834	1010.4454	10429.0002	10105.4150	240.0256	384.5757	1250.4710	Si

1	9	693092.3489	4741268.7428	1035.4055	10492.0617	10105.4150	240.0256	409.5359	1275.4312	Si
1	10	693055.6173	4741320.0023	1058.3660	10555.1231	10105.4150	217.0651	409.5359	1275.4312	Si
1	11	693018.8856	4741371.2617	1079.3987	10618.1845	10105.4150	240.0256	453.5290	1319.4243	Si
1	12	692982.1539	4741422.5211	1098.1326	10681.2460	10105.4150	221.2917	453.5290	1319.4243	Si
1	13	692945.4223	4741473.7806	1115.1146	10744.3074	10105.4150	240.0256	489.2449	1355.1403	Si
1	14	692908.6906	4741525.0400	1130.8083	10807.3689	10105.4150	224.3319	489.2449	1355.1403	Si
1	15	692871.9589	4741576.2994	1146.5156	10870.4303	10105.4150	240.0256	520.6459	1386.5412	Si
1	16	692835.2272	4741627.5589	1159.9136	10933.4917	10105.4150	226.6277	520.6459	1386.5412	Si
1	17	692798.4956	4741678.8183	1171.1537	10996.5532	10105.4150	240.0256	545.2840	1411.1794	Si
1	18	692761.7639	4741730.0777	1180.1177	11059.6146	10105.4150	231.0616	545.2840	1411.1794	Si
1	19	692725.0322	4741781.3372	1193.0677	11122.6760	10105.4150	218.1116	545.2840	1411.1794	Si
1	20	692688.3006	4741832.5966	1206.3155	11185.7375	10105.4150	240.0256	580.4458	1446.3411	Si
1	21	692651.5689	4741883.8560	1221.6538	11248.7989	10105.4150	224.6873	580.4458	1446.3411	Si
1	22	692614.8372	4741935.1155	1235.7290	11311.8604	10105.4150	240.0256	609.8594	1475.7547	Si
2	1	692439.0602	4741803.9483	1122.6572	11307.6268	10324.6967	240.0256	496.7875	1362.6828	Si
2	2	692475.7919	4741752.6889	1114.1019	11244.5654	10324.6967	248.5809	496.7875	1362.6828	Si
2	3	692512.5236	4741701.4294	1105.9520	11181.5040	10324.6967	256.7308	496.7875	1362.6828	Si
2	4	692549.2552	4741650.1700	1097.1914	11118.4425	10324.6967	240.0256	471.3217	1337.2170	Si
2	5	692585.9869	4741598.9106	1088.8764	11055.3811	10324.6967	248.3406	471.3217	1337.2170	Si
2	6	692622.7186	4741547.6511	1088.6431	10992.3196	10324.6967	248.5739	471.3217	1337.2170	Si
2	7	692659.4502	4741496.3917	1096.3079	10929.2582	10324.6967	240.9091	471.3217	1337.2170	Si
2	8	692696.1819	4741445.1323	1106.9967	10866.1968	10324.6967	230.2203	471.3217	1337.2170	Si
2	9	692732.9136	4741393.8728	1113.7341	10803.1353	10324.6967	223.4829	471.3217	1337.2170	Si
2	10	692769.6453	4741342.6134	1114.1179	10740.0739	10324.6967	223.0991	471.3217	1337.2170	Si
2	11	692806.3769	4741291.3540	1107.9439	10677.0125	10324.6967	229.2731	471.3217	1337.2170	Si
2	12	692843.1086	4741240.0945	1097.7564	10613.9510	10324.6967	239.4607	471.3217	1337.2170	Si
2	13	692879.8403	4741188.8351	1087.6936	10550.8896	10324.6967	249.5234	471.3217	1337.2170	Si
2	14	692916.5719	4741137.5757	1073.3445	10487.8281	10324.6967	263.8725	471.3217	1337.2170	Si
2	15	692953.3036	4741086.3162	1054.9527	10424.7667	10324.6967	240.0256	429.0830	1294.9783	Si
2	16	692990.0353	4741035.0568	1045.6134	10361.7053	10324.6967	249.3649	429.0830	1294.9783	Si
2	17	693026.7669	4740983.7974	1030.7681	10298.6438	10324.6967	240.0256	404.8984	1270.7937	Si
2	18	693063.4986	4740932.5379	1007.1648	10235.5824	10324.6967	263.6289	404.8984	1270.7937	Si

2	19	693100.2303	4740881.2785	995.4931	10172.5210	10324.6967	240.0256	369.6234	1235.5187	Si
2	20	693136.9620	4740830.0191	980.1070	10109.4595	10324.6967	255.4117	369.6234	1235.5187	Si
2	21	693173.6936	4740778.7596	960.4490	10046.3981	10324.6967	240.0256	334.5793	1200.4746	Si
2	22	693210.4253	4740727.5002	956.1476	9983.3366	10324.6967	244.3270	334.5793	1200.4746	Si
3	1	693029.7165	4740603.2155	958.5574	9987.5702	10543.9784	240.0256	332.6877	1198.5830	Si
3	2	692992.9848	4740654.4749	973.6626	10050.6316	10543.9784	224.9204	332.6877	1198.5830	Si
3	3	692956.2531	4740705.7343	985.8528	10113.6930	10543.9784	240.0256	359.9831	1225.8785	Si
3	4	692919.5214	4740756.9938	996.8699	10176.7545	10543.9784	229.0085	359.9831	1225.8785	Si
3	5	692882.7898	4740808.2532	1007.0580	10239.8159	10543.9784	218.8205	359.9831	1225.8785	Si
3	6	692846.0581	4740859.5126	1010.2085	10302.8774	10543.9784	240.0256	384.3388	1250.2341	Si
3	7	692809.3264	4740910.7721	1013.6488	10365.9388	10543.9784	236.5853	384.3388	1250.2341	Si
3	8	692772.5948	4740962.0315	1017.6662	10429.0002	10543.9784	232.5679	384.3388	1250.2341	Si
3	9	692735.8631	4741013.2909	1023.4674	10492.0617	10543.9784	226.7667	384.3388	1250.2341	Si
3	10	692699.1314	4741064.5504	1030.1375	10555.1231	10543.9784	220.0966	384.3388	1250.2341	Si
3	11	692662.3998	4741115.8098	1029.8900	10618.1845	10543.9784	220.3441	384.3388	1250.2341	Si
3	12	692625.6681	4741167.0692	1026.2596	10681.2460	10543.9784	223.9745	384.3388	1250.2341	Si
3	13	692588.9364	4741218.3287	1030.7141	10744.3074	10543.9784	219.5200	384.3388	1250.2341	Si
3	14	692552.2047	4741269.5881	1027.2977	10807.3689	10543.9784	222.9364	384.3388	1250.2341	Si
3	15	692515.4731	4741320.8475	1023.3761	10870.4303	10543.9784	226.8581	384.3388	1250.2341	Si
3	16	692478.7414	4741372.1070	1009.0651	10933.4917	10543.9784	241.1690	384.3388	1250.2341	Si
3	17	692442.0097	4741423.3664	995.1515	10996.5532	10543.9784	255.0826	384.3388	1250.2341	Si
3	18	692405.2781	4741474.6258	998.3045	11059.6146	10543.9784	251.9296	384.3388	1250.2341	Si
3	19	692368.5464	4741525.8852	1003.2139	11122.6760	10543.9784	247.0203	384.3388	1250.2341	Si
3	20	692331.8147	4741577.1447	1006.1595	11185.7375	10543.9784	244.0746	384.3388	1250.2341	Si
3	21	692295.0831	4741628.4041	1008.2960	11248.7989	10543.9784	241.9381	384.3388	1250.2341	Si
3	22	692258.3514	4741679.6635	1014.1849	11311.8604	10543.9784	236.0493	384.3388	1250.2341	Si

- Conexiones de la pasada: 1
 - Intersección con la pasada: 2
 - Azimut de la primera pasada (deg): 324.3752
 - Azimut de la segunda pasada (deg): 144.3752
 - Diferencia de dirección: -0.0000 (Las pasadas son paralelas)
 - Valores extremos para considerar pasadas paralelas o alineadas:
 - Tolerancia máxima distancia: 336.034
 - Tolerancia mínima distancia: 98.672
 - Máxima distancia de recubrimiento: 219.282
 - Mínima distancia de recubrimiento: 219.282
 - Las pasadas tienen solape transversal
 - La segunda pasada es superior (menor azimut)

- Conexiones de la pasada: 2
 - Intersección con la pasada: 1
 - Azimut de la primera pasada (deg): 144.3752
 - Azimut de la segunda pasada (deg): 324.3752
 - Diferencia de dirección: 0.0000 (Las pasadas son paralelas)
 - Valores extremos para considerar pasadas paralelas o alineadas:
 - Tolerancia máxima distancia: 336.034
 - Tolerancia mínima distancia: 98.672
 - Máxima distancia de recubrimiento: 219.282
 - Mínima distancia de recubrimiento: 219.282
 - Las pasadas tienen solape transversal
 - La segunda pasada es superior (menor azimut)
 - Intersección con la pasada: 3
 - Azimut de la primera pasada (deg): 144.3752
 - Azimut de la segunda pasada (deg): 324.3752
 - Diferencia de dirección: 0.0000 (Las pasadas son paralelas)
 - Valores extremos para considerar pasadas paralelas o alineadas:
 - Tolerancia máxima distancia: 336.034
 - Tolerancia mínima distancia: 106.634
 - Máxima distancia de recubrimiento: 219.282
 - Mínima distancia de recubrimiento: 219.282
 - Las pasadas tienen solape transversal
 - La segunda pasada es inferior (mayor azimut)

- Conexiones de la pasada: 3
 - Intersección con la pasada: 2
 - Azimut de la primera pasada (deg): 324.3752
 - Azimut de la segunda pasada (deg): 144.3752
 - Diferencia de dirección: -0.0000 (Las pasadas son paralelas)
 - Valores extremos para considerar pasadas paralelas o alineadas:
 - Tolerancia máxima distancia: 336.034
 - Tolerancia mínima distancia: 106.634
 - Máxima distancia de recubrimiento: 219.282
 - Mínima distancia de recubrimiento: 219.282
 - Las pasadas tienen solape transversal
 - La segunda pasada es inferior (mayor azimut)

6. CONCLUSIONES.

Como se ha podido ver en el desarrollo del presente Trabajo Fin de Máster, los proyectos fotogramétricos llevados a cabo con UAVs no difieren en lo esencial de los proyectos realizados con vuelos tripulados convencionales.

En ambos casos el flujo de trabajo es el siguiente:

- Planificación del vuelo.
- Apoyo topográfico.
- Toma fotográfica.
- Procesado y obtención de resultados.

Sin embargo, existen diferencias que implican tanto ventajas como inconvenientes.

La diferencia inmediata con los vuelos convencionales es la DISPONIBILIDAD, no sólo en cuanto a precio (uno de estos aparatos ronda los 20000 euros) si no también en cuanto a la posibilidad de realizar el trabajo en el mismo momento en el que se plantea, reduciéndose los plazos de ejecución de vuelos.

También se encuentran diferencias en cuanto a la RESOLUCIÓN de los productos que se generan, debido al hecho de que el vuelo con UAVs se realiza a altitudes muy inferiores a los vuelos fotogramétricos convencionales, obteniéndose imágenes con una resolución mucho mayor.



Orto 25cm/píxel



Orto UAV 1cm/píxel

Diferencia orto convencional y orto UAV

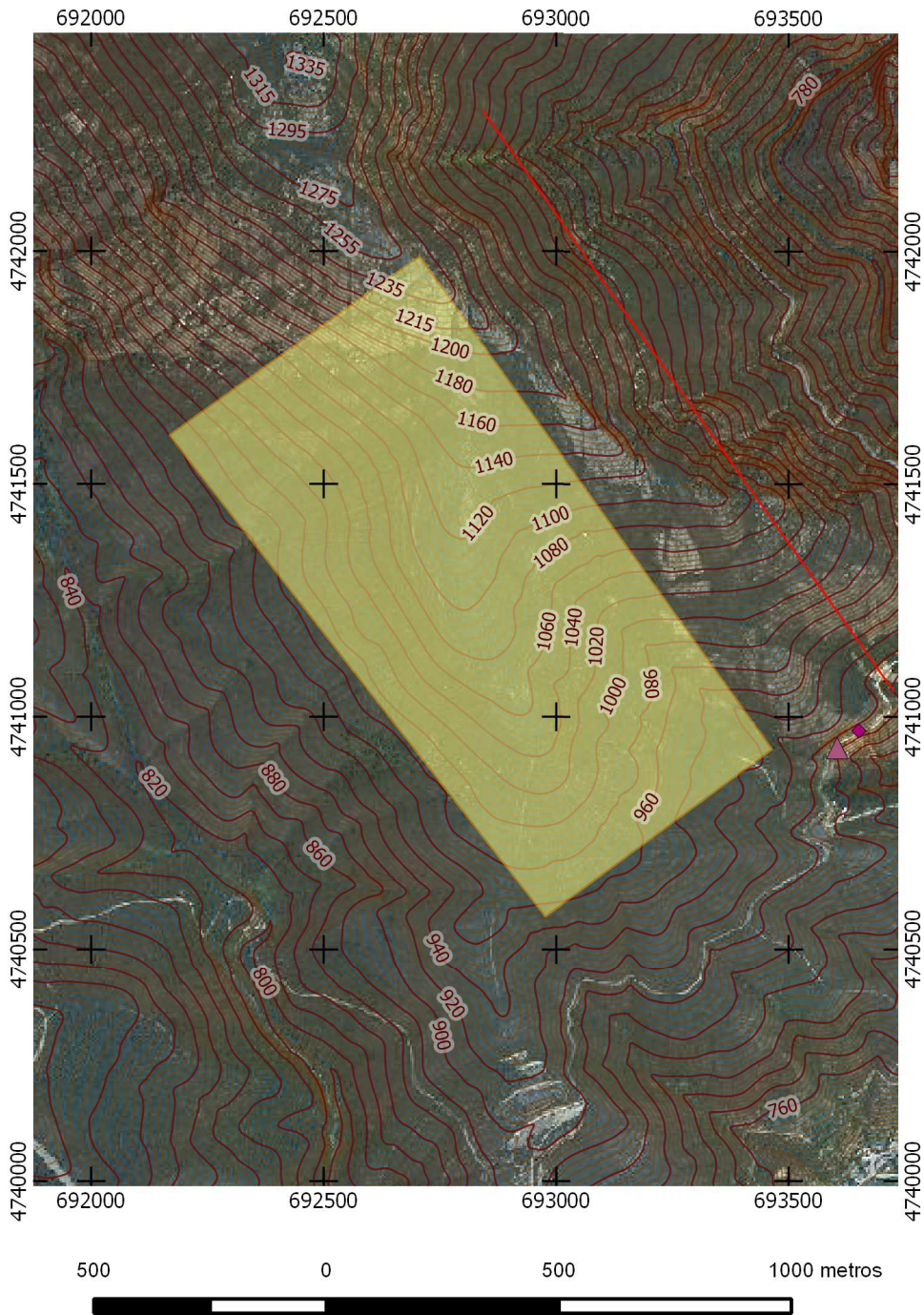
También y debido a este concepto de escala mucho mayor, unido al hecho de que la AUTONOMÍA de vuelo de los drones es REDUCIDA, esta nueva metodología de trabajo se adapta mejor para levantamientos de zonas menos extensas, dejando la fotogrametría convencional para los casos en los que se desean cartografiar grandes extensiones de terreno.

7. BIBLIOGRAFÍA.

- Archivos y documentación de la empresa INGECOR GEOMÁTICA S.L.
- Quantum GIS Project. *“QGIS guía de usuario. Versión 2.0”*.
- Microdrones GmbH. *“Características técnicas Microdrones MD4-1000”*.
- IGN. Instituto Geográfico Nacional. *“<http://www.ign.es/ign/resources>”*.
- ITACyl. Instituto Técnico Agrario de Castilla y León. *“<http://www.itacyl.es>”*.
- Geoportal IDEE. Geoportal de Infraestructura de Datos Espaciales de España. *“<http://www.idee.es>”*.
- Wikipedia, la enciclopedia libre. *“<http://es.wikipedia.org>”*.

ANEJO I

PLANOS



Leyenda

- ▲ Punto Despegue
- ◆ Punto Aterrizaje
- Linea de Vuelo
- Zona de Vuelo
- Curvas
- Curvas Maestras

Elipsoide GRS80. Proyección UTM en el Huso 29. Sistema de Referencia ETRS89.

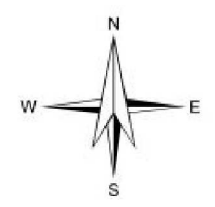
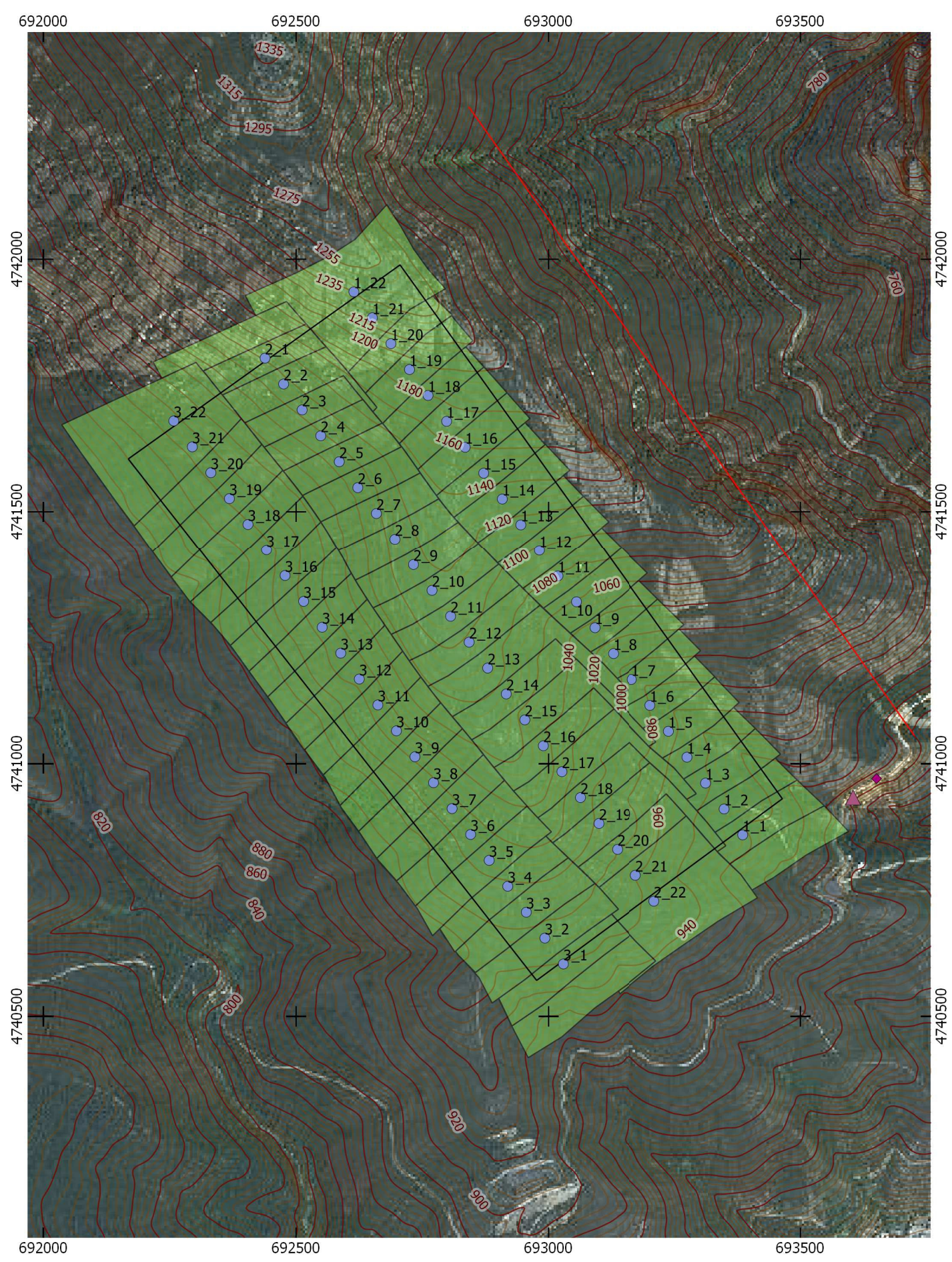
Alturas referidas al Nivel Medio del Mediterráneo en Alicante

Equidistancia de las curvas de nivel de 5 metros

TÍTULO:		PLANIFICACIÓN DE VUELO FOTOGRAMÉTRICO PARA UAVs	
AUTOR:		ALBERTO LÓPEZ DE LA SIERRA	
FECHA:	15/07/2014	PLANO:	PLANO DE SITUACIÓN
ESCALA:	1:15000		



UNIVERSIDAD
DE OVIEDO




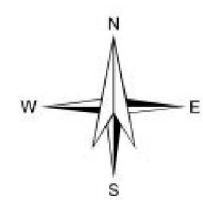
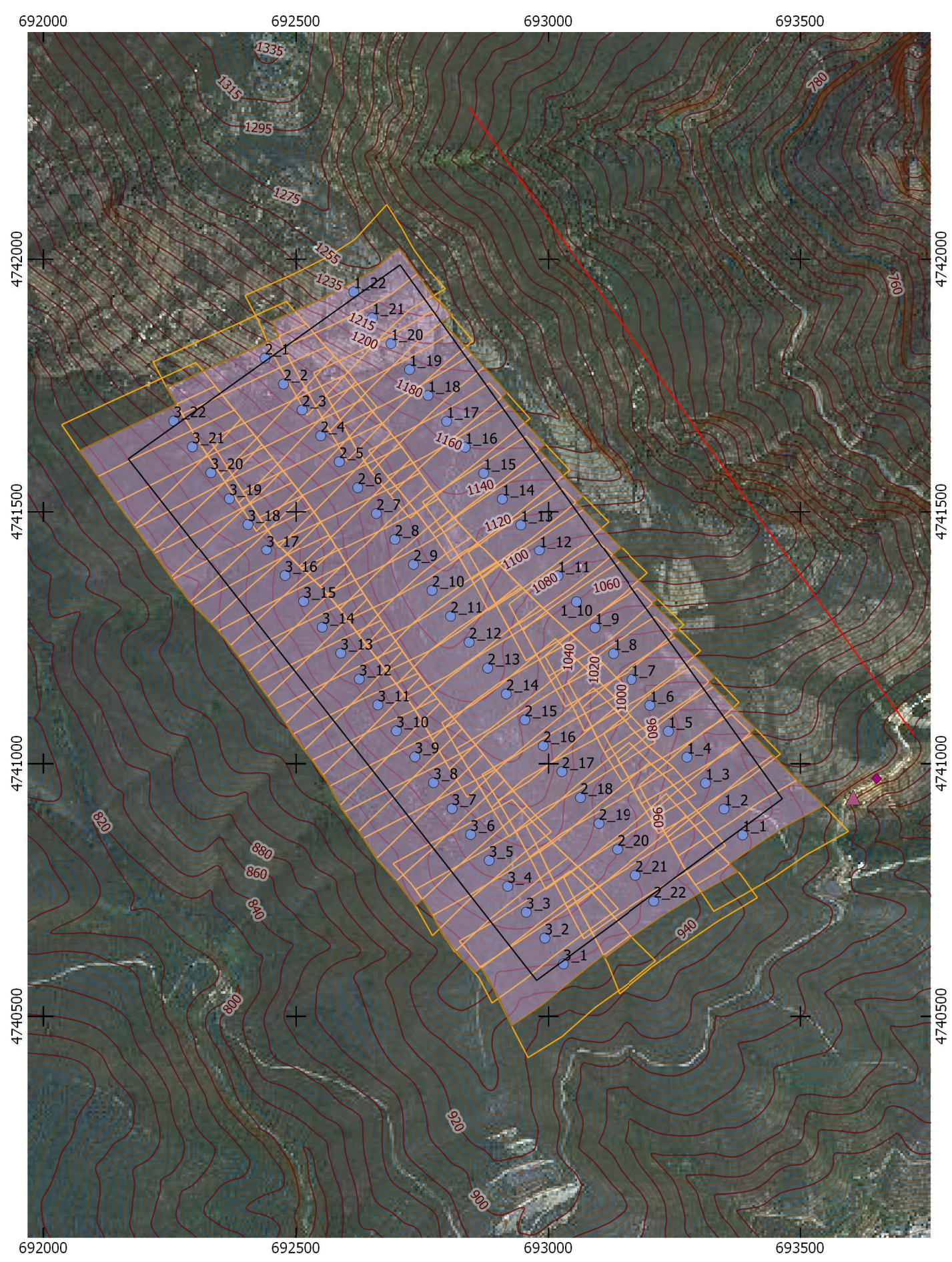
Leyenda

- ▲ Punto Despegue
- ◆ Punto Aterrizaje
- Linea de Vuelo
- Zona de Vuelo
- Centros de proyección
- Huellas fotográficas
- Curvas
- Curvas Maestras



Elipsoide GRS80. Proyección UTM en el Huso 29. Sistema de Referencia ETRS89.
 Alturas referidas al Nivel Medio del Mediterráneo en Alicante.
 Equidistancia de las curvas de nivel de 5m.

TÍTULO: PLANIFICACIÓN DE VUELO FOTOGRAMÉTRICO PARA UAVs		 UNIVERSIDAD DE OVIEDO
AUTOR: ALBERTO LÓPEZ DE LA SIERRA		
FECHA: 15/07/2014	PLANO:	
ESCALA: 1:10000	HUELLAS EN EL TERRENO	



Leyenda

- ▲ Punto Despegue
- ◆ Punto Aterrizaje
- Linea de Vuelo
- Zona de Vuelo
- Centros de Proyección
- Huellas Fotográficas
- Huella Estereoscópica
- Curvas
- Curvas Maestras

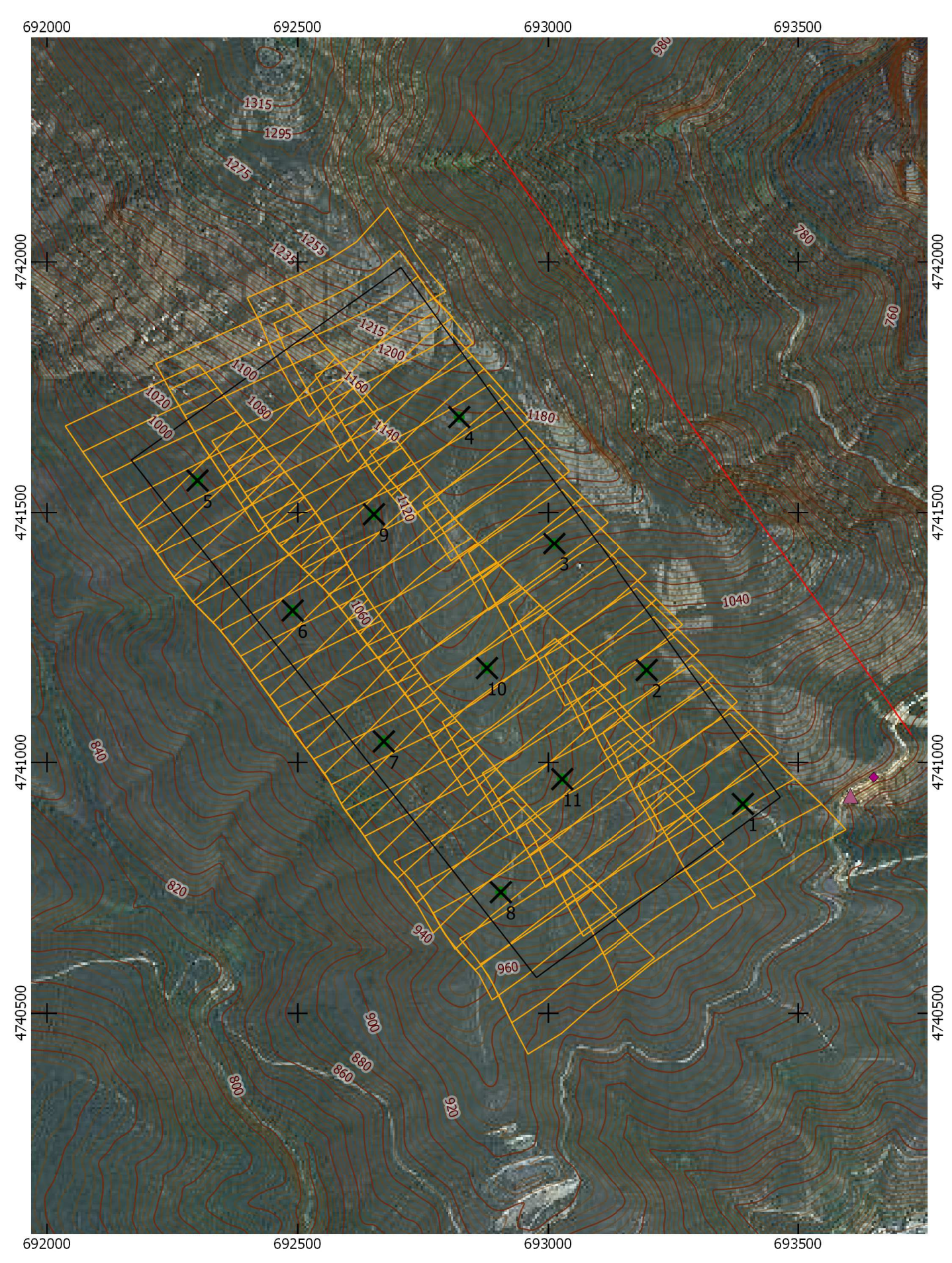
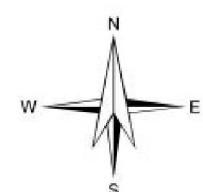


Elipsoide GRS80. Proyección UTM en el Huso 29. Sistema de Referencia ETRS89.
 Alturas referidas al Nivel Medio del Mediterráneo en Alicante.
 Equidistancia de las curvas de nivel de 5m.

TÍTULO:		PLANIFICACIÓN DE VUELO FOTOGRAMÉTRICO PARA UAVs	
AUTOR:		ALBERTO LÓPEZ DE LA SIERRA	
FECHA:	15/07/2014	PLANO:	HUELLA ESTEREOSCÓPICA
ESCALA:	1:10000		



UNIVERSIDAD
DE OVIEDO




Leyenda

- ▲ Punto Despegue
- ◆ Punto Aterrizaje
- Linea de Vuelo
- Zona de Vuelo
- ▭ Huellas Fotográficas
- ✕ Puntos de Apoyo
- Curvas
- Curvas Maestras



Elipsoide GRS80. Proyección UTM en el Huso 29. Sistema de Referencia ETRS89.
 Alturas referidas al Nivel Medio del Mediterráneo en Alicante.
 Equidistancia de las curvas de nivel de 5m.

PUNTOS DE APOYO (EPSG: 25829)			
PUNTO	COORD. X (m)	COORD. Y (m)	COTA (m)
1	693400,153	4740914,869	930,596
2	693202,458	4741179,84	991,745
3	693016,537	4741432,948	1098,926
4	692822,751	4741686,055	1176,859
5	692304,672	4741551,592	992,304
6	692498,457	4741298,484	1011,288
7	692672,469	4741037,467	1012,622
8	692913,712	4740736,902	992,408
9	692652,695	4741488,315	1093,764
10	692889,983	4741175,886	1087,875
11	693028,401	4740958,371	1026,072

TÍTULO:		PLANIFICACIÓN DE VUELO FOTOGRAMÉTRICO PARA UAVs		 UNIVERSIDAD DE OVIEDO
AUTOR:		ALBERTO LÓPEZ DE LA SIERRA		
FECHA:	15/07/2014	PLANO:	APOYO DE CAMPO	
ESCALA:	1:10000			