

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS DEL CONTRATO “PROCESADO DE IMÁGENES AÉREAS MULTIVISTA CON LA ORTORRECTIFICACIÓN VERDADERA Y GENERACIÓN DE ESCENAS 3D FOTOREALISTAS DE LA ZONA CENTRAL DE LA COMUNIDAD DE MADRID” ASER-051554/2025

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas (PPT) tiene por razón la descripción y regulación de las condiciones técnicas necesarias con la realización del servicio de procesado de imágenes aéreas multivista para la ortorrectificación verdadera y generación de escenas 3D fotorrealistas de la zona central de la Comunidad de Madrid.

1. OBJETO

Es objeto del presente trabajo el procesado avanzado de imágenes aéreas fotogramétricas multivista y la obtención de modelos digitales de superficies usándolas para la generación de ortofotos verdaderas y escenas 3D foto realistas necesarias y encaminadas a disponer de una base geométrica 3D para la futura implantación de un gemelo digital para la Comunidad de Madrid.

Para implantar a futuro este gemelo digital es necesario disponer previamente de una base geométrica 3D, objeto último del presente contrato. Para ello la Comunidad de Madrid proveerá de los necesarios fotogramas fotogramétricos aéreos multivista de 9 cm/pixel capturados entre septiembre y octubre de 2025 con las características técnicas y precisiones adecuadas y 5 vistas por toma con solapes en porcentajes longitudinal/transversal de 80/80 y 80/60, debiendo la empresa adjudicataria procesar dichas imágenes para:

- Realizar un control de las imágenes fotogramétricas entregadas por las Administración.
- Orientación del sensor (aerotriangulación) a partir de apoyo de campo sobre las imágenes.
- Obtención de nubes de puntos tridimensionales y elaboración de modelos digitales de superficie.
- Elaboración de ortofoto estándar a 10 cm/pixel de las denominadas rápidas tipo PNOA.
- Elaboración de ortofoto verdadera a 10 cm/pixel, con eliminación automática de elementos en circulación.
- Elaboración de escenas 3D fotorrealista, con eliminación automática de elementos móviles.
- Realización de controles de calidad necesarios para asegurar el cumplimiento de este PPT y su declaración.
- Generación de los ficheros de información auxiliar correspondientes, así como de los informes descriptivos para cada proceso.
- Grabación en soporte de todos los archivos en todos los formatos requeridos y documentación generada según la estructura y nomenclatura indicada por el responsable del contrato por parte de la Administración.
- Envío del material resultante en soporte físico (SATA).

Todo ello conforme a las especificaciones técnicas indicadas en el presente PPT y sus anexos. En cualquier caso, las condiciones y calidad de los entregables indicados en el Anexo I del presente



pliego será tal que permita la explotación fotogramétrica como base geométrica 3D para la implantación de un gemelo digital geoespacial que abarque el ámbito geográfico del presente contrato.

2. ÁMBITO GEOGRÁFICO (ZONA DE TRABAJO)

El ámbito de trabajo abarca la superficie de las zonas urbanas y rurales parciales de los municipios de Madrid, Collado Villalba, Hoyo de Manzanares, Tres Cantos, San Sebastián de los Reyes, Alcobendas, Torrelodones, Las Rozas de Madrid, Paracuellos del Jarama, Alcalá de Henares, Torrejón de Ardoz, San Fernando de Henares, Coslada, Boadilla del Monte, Pozuelo de Alarcón, Majadahonda, Villaviciosa de Odón, Alcorcón, Leganés, Rivas-Vaciamadrid, Mejorada del Campo, Velilla de San Antonio, Arganda del Rey, Getafe, Fuenlabrada, Móstoles, Parla, Pinto y Valdemoro, según la imagen de abajo. La superficie de interés a obtener los entregables finales a procesar será toda la zona viable en que se disponga de la suficiente cobertura fotogramétrica y solapes indispensable para los correspondientes procesos y resultados.

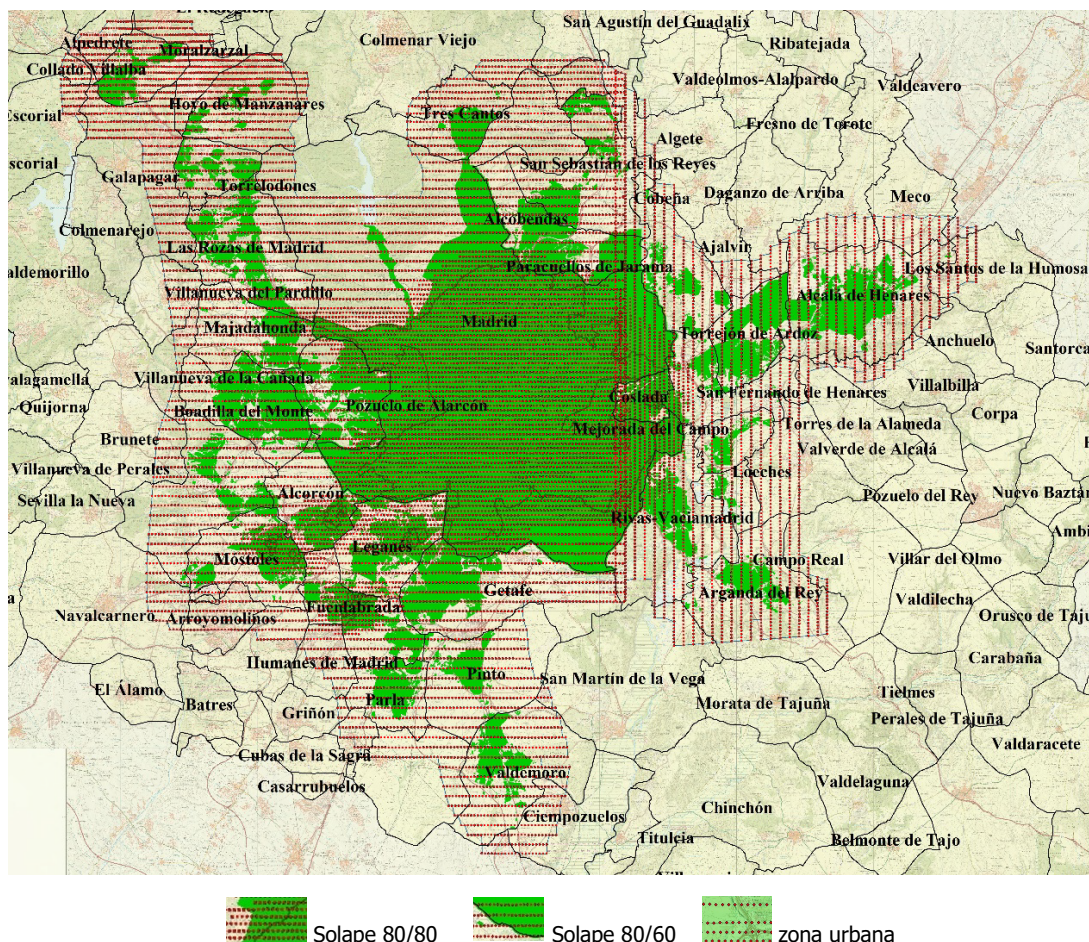


Imagen 1. Ámbito geográfico, dirección de pasadas y solapes de los fotogramas disponibles

El responsable del contrato por parte de la Administración entregará un fichero vectorial georreferenciado (.shp) con el gráfico de vuelo de las zonas indicadas en la imagen 1.

3. IMÁGENES Y DATOS DE PARTIDA DISPONIBLES

Para la acometida de los trabajos descrito en este PPT el responsable del contrato por parte de la Administración entregará, previo al inicio de la ejecución del contrato, a la empresa adjudicataria las imágenes y ficheros auxiliares obtenidos de un vuelo fotogramétrico multivista (nadiral y oblicuas) capturado en 2025 con las siguientes características:

- Fecha de captura: septiembre - octubre de 2025, en 10 sesiones de vuelo.
- Multivista: 5 fotogramas por posición en vista nadiral, adelante, atrás, izquierda y derecha del eje de vuelo, siendo las oblicuas a 45° aproximadamente en el centro de fotograma respecto a nadiral.
- Número de fotogramas: aproximadamente 84.165 fotogramas en total (16.833 posiciones de disparo vertical sobre 2000 km² aproximadamente).
- Cobertura del vuelo: zona central de la Comunidad de Madrid, según el punto 2 ámbito geográfico.
- Resolución: 9 cm / pixel (referido al centro de fotograma nadiral).
- Altura de vuelo: de 2.428 a 2.595 metros
- Cámara de captura: multivista fotogramétrica matricial UltraCam Osprey 4.1. (3,76 µm). Nadiral PAN 20.544 x 14.016, RGBI 12.840 x 8.760. Oblicuas RGB 14.144 x 10.560.
- Campo de visión transversal/longitudinal (FOV): 51,5°/36,5°
- Dirección del vuelo: pasadas este-oeste y norte-sur, según zonas (ver gráfico del punto 2 ámbito geográfico). Trayectorias de <10 cm RMSE
- Solapes: 80% longitudinal y de 60% al 80% transversal según zonas (ver gráfico del punto 2 ámbito geográfico).
- Orientación imágenes: directa (GNSS/IMU), sistema de coordenadas ETRS89 UTM H30.
- Ficheros entregados al adjudicatario:
 - o Ficheros imágenes nadirales TIFF plano, RGBI, 16 bits/banda después de pansharpening.
 - o Ficheros de imágenes oblicuas TIFF plano, RGB, 8 bits/banda (Bayer Pattern).
 - o Ficheros TFW de orientación directa GNSS/IMU (coordenadas al centro del pixel con orientación).
 - o Ficheros de imágenes digitales comprimidas COG (Cloud Optimized GeoTiff) compresión 6, tanto nadirales como oblicuas, RGB 8 bits, georreferenciado con giro Kappa.
 - o Gráfico de huellas y bases de datos de vuelo real (tipo PNOA).
 - o Ficheros de cálculos GNSS/IMU y gráfico de estaciones.
 - o Calibración de multicámara y sistema integrado GNSS/INS y vector excentricidad.
 - o Informe vuelo (tipo PNOA).

El adjudicatario tendrá que, para ajustarlo a sus sistemas y antes de empezar a procesar, realizar una revisión de las imágenes entregadas. Deberá también mantener la censura en los fotogramas.

En todo caso, los datos y documentación descrita es propiedad exclusiva de la Comunidad de Madrid, y la empresa no podrá utilizarlos ni aprovecharlos para ningún otro fin que no sea el de los trabajos del presente contrato. Cualquier otro uso deberá ser consultado y autorizado expresamente por el responsable del contrato por parte de esta Administración.

4. REQUISITOS TÉCNICOS Y ENTREGABLES

En este apartado se listan los trabajos a realizar y sus entregables, las especificaciones técnicas de ambos se detallan en el Anexo I de este documento. En los supuestos no recogidos expresamente en este pliego técnico, se tendrá en cuenta lo reflejado en las especificaciones técnicas del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) para el post procesado a 10cm/pixel, adaptadas a las circunstancias y ámbito territorial objeto del contrato. Las especificaciones generales PNOA se pueden encontrar en <http://pnoa.ign.es/pnoa-imagen>.

En caso de que existiese alguna duda de interpretación de alguno de los apartados o anexos, el contratista realizará la consulta correspondiente al responsable del contrato de parte de la Administración de la Comunidad de Madrid.

Para la aceptación de los entregables del presente contrato, será requisito indispensable el cumplimiento de la totalidad de las especificaciones, condiciones técnicas y características de los procesos de ejecución detallados en el Anexo I. El contratista deberá proceder a la entrega de todos los productos e imágenes definidos en el citado Anexo I y a la presentación de los controles de calidad y sus correspondientes informes conforme a lo establecido en el Anexo II. La presentación de dichos informes de control de calidad (apartado "control de calidad" del Anexo II) tendrá valor de declaración de veracidad y fiabilidad del contenido por parte de la empresa adjudicataria.

4.1 Trabajos a realizar

Para la ejecución de los trabajos, ortofotos, modelos, escenas 3D fotorrealistas y ficheros auxiliares objeto del presente contrato se realizará la orientación de los fotogramas fotogramétricos multivista de partida mediante el método de orientación indirecta, usando para la necesaria aerotriangulación puntos de apoyo externos y/o chequeo de archivo o nuevos. Con ello se realizará la ortoproyección estándar rápida (tipo PNOA) a nivel terreno con un modelo digital para ortofoto. Se generará un modelo digital de superficies por estereocorrelación masiva de alta densidad del propio vuelo a ortorrectificar, y con ello la ortoproyección verdadera y la elaboración escenas 3D fotorrealistas, cumpliendo los requerimientos del Anexo I del presente PPT para toda la zona de trabajo en la que se pueda realizar cada uno de los procesos de forma efectiva dada la cobertura y solapes fotogramétricos.

Se utilizará como sistema geodésico de referencia el ETRS89 y con origen de altitudes el nivel medio del mar en el mareógrafo de Alicante. La proyección cartográfica será UTM huso 30.

4.1.1 Control y revisión de las imágenes fotogramétricas de partida

Se revisará que están todos los fotogramas, su solape, resolución, cobertura según el ámbito geográfico (punto 2), orientaciones GNSS/IMU e informes, antes de empezar los trabajos.

4.1.2 Apoyo de campo (AC)

En general, la ortorrectificación diferencial y anclaje geométrico de escenas 3D en su posición absoluta real requiere identificar una serie de puntos de apoyo (AC) de coordenadas conocidas (terreno-fotograma) y de mayor precisión geométrica que el resultado de la ortoproyección que permitan posteriormente la orientación externa de cada fotograma en su aerotriangulación. Deberá cumplir las especificaciones indicadas en el punto 2 del Anexo I, para toda la zona de trabajo.

4.1.3 Aerotriangulación digital (AT)

La aerotriangulación digital (AT) del vuelo determina la orientación precisa de cada fotograma fotogramétrico, posición del punto de disparo y ángulos, que posteriormente, junto a las elevaciones del MDS, servirán de datos de entrada para obtener la posición ortorrectificada de cada pixel para la ortorrectificación estándar del terreno y para la ortorrectificación verdadera para toda las superficies y elementos constructivos de los fotogramas, así como el anclaje geométrico para generar escenas 3D fotorrealistas. Deberá cumplir las especificaciones indicadas en el punto 3 del Anexo I, para toda la zona de trabajo usando todos los fotogramas fotogramétricos disponibles.

4.1.4 Ortofoto rápida estándar

El objetivo es disponer de una rápida imagen ortorrectificada intermedia a nivel terreno de la zona de trabajo que permita ser utilizada para detectar errores o complicaciones a corregir antes de procesar los siguientes pasos. En este caso se solicita también su entrega en cuanto sea elaborado con el fin de poder utilizarse para informes, certificaciones, fácil determinación de líneas de costura y fechas concretas en la ortofoto o en publicaciones a través de la infraestructura de datos espaciales de la Comunidad de Madrid (IDEM).

La ortorrectificación se realizará a nivel terreno ortorrectificando la zona central de menor abastimiento posible de todos los fotogramas nadirales orientados tras la realización de la aerotriangulación del trabajo. Se usará un modelo digital del terreno y modelo digital para ortofotos (MDT/MDO) anterior preexistente lo más cercano posible a la fecha de vuelo sin revisión ni adaptación de cambios o bien uno obtenido directamente del MDS del vuelo a ortorrectificar, cuyas características sean obligatoriamente las adecuadas con paso de malla, líneas de rupturas y precisión requerida para las precisiones nominales requeridas a nivel terreno, incluida la adecuada ortorrectificación de las plataformas elevadas, diques, puentes y similares.

La ortofoto incluirá líneas de costura automática sin edición con información de la fecha de fotogramas y un ajuste cromático automático realista. Deberá cumplir las especificaciones indicadas en el punto 4 del Anexo I, para toda la zona de trabajo en la que se disponga de solape pudiéndolo realizar y obtener de forma efectiva y con garantías.

4.1.5 Nube de puntos (NP) y modelo digital de superficies (MDS)

El objetivo es obtener una nube de puntos masiva de alta densidad (un punto por pixel) que permita generar un modelo digital de superficies (MDS) de alta densidad que sirva de dato de entrada Z (altura) para la elaboración de una ortofoto verdadera correcta geométricamente para todas las superficies y que sea coherente con la resolución de los fotogramas y con las precisiones

requeridas, incluso en carreteras, viaductos, edificaciones, etc., así como para sostener la geometría adecuada de las escenas 3D fotorrealistas.

La nube de puntos se obtendrá a partir de estereocorrelación fotogramétrica masiva de alta densidad desde los fotogramas fotogramétricos proporcionados de alto porcentaje de solape, tanto nadirales como oblicuas, y sus orientaciones (AT) del punto 4.1.3 de este pliego. La elevación será siempre cotas ortométricas.

El MDS se editará donde la estereocorrelación no ofrezca los resultados óptimos y correctos esperados en su uso para la generación correcta, según Anexo I, de la ortofoto verdadera y escenas 3D fotorrealistas, especialmente atendiendo la consideración de puentes, viaductos, edificios y construcciones en general, así como a láminas de agua, zonas sin información, cambios de pendiente, etc. Todo ello con el fin de alcanzar la suficiente precisión para evitar fiablemente la deformación geométrica de la ortorrectificación verdadera y asegurar el cubrimiento de las oclusiones con las precisiones requeridas, así como en de la geometría de escenas 3D. Esta altura será siempre de cotas ortométricas sobre el nivel medio del mar en Alicante. Deberá cumplir las especificaciones indicadas en el punto 5 del Anexo I, para toda la zona de trabajo en la que se disponga de plena cobertura y solape, pudiéndose realizar técnicamente de forma efectiva y con garantías.

4.1.6 Ortoproyección verdadera, equilibrado radiométrico y mosaico.

El objetivo es obtener una imagen aérea radiométricamente equilibrada donde cada pixel, ya sea de terreno o de cualquier tipo de infraestructura, edificación o vegetación, aparezca ortoproyectada verticalmente según la precisión requerida, de forma que no aparezcan oclusión alguna debido a abatimientos proyectivos del terreno, de vegetación o de infraestructuras o construcciones. Deberá cumplir las especificaciones indicadas en el punto 6 del Anexo I, para toda la zona de trabajo en la que se disponga de plena cobertura de solape nadiral, pudiéndose realizar técnicamente de forma efectiva y con garantías, atendiendo a:

- Ortoproyección digital verdadera de las imágenes, donde dados los parámetros de orientación de cada fotograma (AT) del punto 4.1.3 de este pliego y el MDS del punto 4.1.5 de este pliego, se obtenga la ortorrectificación diferencial verdadera de los píxeles más favorable de cada fotograma, de forma que la ortoproyección final elimine fiablemente las deformaciones y abatimiento de todos los elementos, editando donde sea necesario.
- Mosaicados continuos por corte u hojas según indique el responsable del contrato por parte de la Administración.
- Mosaicado comprimido global de toda la zona de trabajo.
- Equilibrado radiométrico del resultado final que garantice la continuidad cromática.

En especial, se tendrá que considerar:

- Revisión para garantizar la detección y corrección de las incidencias que aparezcan en las Ortofotos verdaderas de carácter geométrico ocasionadas por la insuficiente calidad o actualización de todos los datos de partida o por el empleo de imágenes no adecuadas (estiramientos, deformaciones, abatimientos excesivos, voladizos, etc.).

- Revisión para garantizar la detección y corrección de las incidencias de carácter geométrico originadas por la perspectiva de las imágenes aéreas y MDS empleado, buscando siempre la alternativa que elimine totalmente las oclusiones ocasionadas por los abatimientos, sobre todo en zonas urbanas.
- Revisión para garantizar el aspecto radiométricamente coherente del mosaicado de toda la zona, aplicando filtros de enfoque y edición manual de aquellas líneas de unión que dificulten la fotointerpretación.
- Declaración del control de calidad según el apartado de "control de calidad" del anexo II.

4.1.7 Escenas 3D fotorrealistas

El objetivo es obtener un escenario 3D fotorrealista que permita visualizar y medir tridimensionalmente toda la zona de trabajo.² Para ello, se partirá de los fotogramas del vuelo entregado por parte de la Administración, sus parámetros de orientación (AT) del punto 4.1.3 y el modelo digital de superficies (MDS) de alta densidad del punto del 4.1.5, cumpliendo las especificaciones del punto 7 del Anexo I, para toda la zona de trabajo en la que se disponga de plena cobertura fotogramétrica para ello para poderse realizar técnicamente de forma efectiva y con garantías. Se tendrá, especialmente, en consideración:

- Revisión para garantizar la detección, edición y corrección de las incidencias que aparezcan en las escenas 3D fotorrealistas de carácter geométrico ocasionadas por puntuales incidencias en la calidad de todos los datos de partida (nube, MDS) o por el empleo de imágenes no adecuadas (estiramientos, deformaciones, etc.), buscando siempre la alternativa que elimine la incidencia sobre todo en zonas urbanas.
- Revisión para garantizar el aspecto radiométricamente coherente de las escenas 3D fotorrealistas, aplicando edición manual donde sea necesario.
- Declaración del control de calidad según el apartado de "control de calidad" del anexo II.

4.2 Control de Calidad

La empresa adjudicataria deberá entregar un control de calidad continuo de todas las etapas de los procesos seguidos de forma que garantice que los entregables cumplen con las especificaciones del Anexo I, declarando el grado de cumplimiento conforme al apartado "Control de calidad" del Anexo II y atendiendo al menos a lo indicado en el punto 9 del Anexo I. La entrega de esta declaración supone la veracidad y fiabilidad de dicho control por parte de la empresa.

El responsable del contrato por parte de la Administración facilitará, en su caso, los modelos de bases de datos y de informes requeridos relacionados en el Anexo II.

4.3 Grabación de datos

Todos los entregables descritos en el Anexo I, incluido los propios de la grabación, deberán ser grabados en discos SATA bajo la estructura y nomenclaturas de directorios que establezca el

responsable del contrato por parte de la Administración. En caso de duda consultar con el responsable del contrato por parte de la Administración. En todo caso deberán cumplir las especificaciones indicadas en el punto 8 del Anexo I.

5. EQUIPO DE TRABAJO

En la realización de los trabajos expuestos, la empresa adjudicataria deberá disponer por su cuenta de los recursos personales y materiales suficientes para que el rendimiento del conjunto garantice la correcta ejecución del contrato, siendo responsabilidad de la empresa que con estos medios se realice en forma y plazos ofertados.

Los siguientes perfiles profesionales son requeridos:

Función	Titulación	Experiencia
Director/a del proyecto (responsable)	Ingeniero/a Superior en Geodesia y Cartografía o equivalente	Experiencia mínima de tres años en la organización, planificación y realización de trabajos con al menos 3 trabajos de procesado fotogramétrico, ortofotografía aérea verdadera (DMS-Ortho), captura de nubes de puntos, MDS y modelado de escenas 3D a partir de datos fotogramétrico, siendo al menos uno de ellos multivista.
Técnico de procesado	Titulaciones universitarias de, al menos, ingeniería técnica o diplomatura	Experiencia mínima de tres años en producción de ortofotografía aéreas verdaderas (DMS-Ortho), estereocorrelación fotogramétrica masiva, restitución fotogramétrica y modelado de escenas 3D fotorrealistas a partir de datos fotogramétricos.
Técnico Cálculo	Técnico de Cálculo o diseño, programador	Experiencia mínima de tres años en producción y edición de ortofotografía aérea verdaderas (DMS-Ortho), estereocorrelación fotogramétrica masiva, restitución fotogramétrica y modelado de escenas 3D fotorrealistas a partir de datos fotogramétricos.

Al menos la siguiente equipación informática (*hardware-software*) son requeridos en número suficiente para que el rendimiento del conjunto garantice la correcta ejecución del contrato en forma y plazo ofertado:

- Equipo de alto rendimiento. Estación de trabajo fotogramétrica profesional y específica (*hardware*) de muy alto rendimiento. Dado el enorme volumen de datos a revisar y procesar, se requiere de equipo informático de altísimo rendimiento, estimando que puede estar compuesto por tarjeta gráfica de muy alta gama, disco interno de gran capacidad y rápido, procesadores potentes multinúcleos de 48 a más de 100 núcleos variando dentro de ello según necesidades del software, placa base compatible, fuente de alimentación, caja y refrigeración de alta prestaciones, monitor 3D especializado y ratón especializado a nivel fotogramétrico.
- Licencias de *software* fotogramétrico acorde con los equipos *hardware* o núcleos de procesado disponible, altamente especializado y riguroso de alta gama para grandes volúmenes de imágenes de alta resolución tipo Inpho Trimble o Ultramap o de equivalente prestaciones para la realización de aerotriangulación, los anteriores, ArcGIS Reality, Skyline, ContextCapture o de equivalente prestaciones para ortorrectificación estándar (a nivel terreno), nube de puntos, modelos digitales de elevaciones, para ortorrectificación verdadera (sobre modelos digitales de superficies), mosaicado y procesado de escenas 3D fotorrealistas desde imágenes fotogramétricas nadirales y oblicuas, MDS e información vectorial. Pix4 o AGISOFT no se consideran de alta gama.

- En caso de levantamiento de puntos de apoyo nuevos, se capturarán mediante equipo completo compuesto por estación total y/o equipo GNSS RTK y sus elementos auxiliares y una licencia de programa de cálculo adecuado.

La empresa adjudicataria, para utilizar los procedimientos, accesos y equipos para la realización de los trabajos del punto 4, deberá obtener permisos, licencias o autorizaciones necesarias de los titulares, de los propietarios, patentes y marcas correspondientes. La Administración no tendrá compromiso alguno con las compañías de software licenciado en el ámbito de este contrato.

6. SEGUIMIENTO DE LOS TRABAJOS

La vigilancia y seguimiento del contrato corresponde al responsable del contrato por parte de la Administración. El órgano de contratación ostenta la facultad de inspección de las actividades desarrolladas por el contratista durante la ejecución del contrato en los términos establecidos el artículo 190 de la LCSP.

El ejercicio de esta facultad se extiende a la inspección de las instalaciones, oficinas y demás emplazamientos en los que el contratista desarrolle sus actividades, ya que se considera necesario poder disponer de esta facultad por la posibilidad de tener que comprobar que los medios empleados en el contrato, se corresponden con los que la empresa ha incluido en su propuesta técnica y garantizan el cumplimiento de este PPT.

Cualquier duda o decisión que no esté contemplada en este documento deberá ser consultada con el responsable del contrato por parte de la Administración.

7. ENTREGA DE RESULTADOS Y PROPIEDAD DE LOS TRABAJOS

Los trabajos de gabinete del servicio se realizarán en las propias dependencias de la empresa adjudicataria, corriendo por cuenta de ella todos los gastos de los soportes necesarios para el almacenamiento, así como de los gastos logísticos de todas las entregas, y en su caso de recogidas y devoluciones en condiciones adecuadas del material resultante de los trabajos, en el punto de que señale el responsable del contrato de parte de la Administración, en Madrid capital.

Debido a la fuerte interdependencia entre los distintos procesos y entregables para su adecuado uso y verificación de condiciones, siendo unos bases para los siguientes, no se considerará recibidos, no se certificará o abonará entregable o trabajo alguno si no incluye todos los productos resultantes entregables detallados en la totalidad del PPT, y si no se han cumplido todas las especificaciones, características y se han realizado los controles de calidad declarados e informes conforme al Anexo II, siendo el resultado principal de interés las escenas 3D fotorrealistas

El objeto y documentación del contrato descritos en este pliego y sus derechos de explotación serán propiedad exclusiva de la Comunidad de Madrid, así como la eventual documentación o material entregados por la Comunidad de Madrid a la empresa adjudicataria.

En ambos casos, la empresa no podrá facilitar dicho objeto ni documentación a terceros ni utilizarla para fines propios sin autorización previa y expresa por escrito del responsable del contrato por parte de la Administración.

En Madrid, a fecha de firma,

LA JEFA DE AREA DEL CENTRO REGIONAL
DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

EL SUBDIRECTOR GENERAL DE ESTUDIOS
TERRITORIALES Y CARTOGRAFÍA

ANEXO I

Listado de especificaciones técnicas de obligado cumplimiento para procesado de imágenes aéreas multivista con la ortorrectificación verdadera y generación de escenas 3D fotorrealistas.

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
1. SISTEMA GEODÉSICO DE REFERENCIA				
	a	Sistema Geodésico de Referencia	ETRS89	Todo el trabajo se realizará en ETRS89, materializado sobre el territorio mediante los vértices REGENTE de la Red Geodésica Nacional y sus densificaciones
	b	Altitudes elipsoidales	Se utilizarán únicamente alturas elipsoidales referidas a GRS80 en todos los procesos.	
	c	Modelo de geoide. Transformación de altitudes elipsoidales a ortométricas	Se utilizará el modelo de geoide EGM2008-REDNAP (adaptación del geoide mundial EGM08 a España) suministrado por el Instituto Geográfico Nacional, para la transformación de altitudes.	https://www.ign.es/web/ign/portal/qds-area-geodesia
	d	Proyección cartográfica	UTM	Referido a huso 30
	e	Distribución de cortes	En caso de entregables que tras consultar a el responsable del contrato por parte de la Administración, se decida sea por cortes de hojas oficiales, se basará en el Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio. BOE-A-2007-15822 Real Decreto 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España.	El corte de hojas se obtendrá aplicando con un rebase de 20 metros con respecto a las cuatro esquinas teóricas, redondeado a múltiplos de 10 m. https://www.ign.es/web/ign/portal/cbg-area-cartografia.
2 APOYO DE CAMPO (AC)				
2.1. Configuración de los bloques y distribución de puntos de apoyo				
	a	Fuente de datos	- Se podrán utilizar fuentes de datos existentes u obtener puntos nuevos. - Abarcará toda la zona de trabajo.	En caso de puntos de apoyo ya existentes, se deberá utilizar puntos de apoyo que pertenezcan o deriven de bases de datos de organismo cartográficos oficiales siempre que: - La ubicación de los puntos esté de acuerdo con la distribución establecida en este pliego de especificaciones técnicas. - La distribución de los puntos y su calidad garanticen las condiciones finales del resultados y precisión final de la ortofoto verdadera y escenas 3D que se contrata. - Hayan sido observados mediante técnicas GNSS en ETRS89, cumpliendo con las especificaciones PNOA. - En el supuesto que sea necesaria la toma de puntos adicionales de apoyo para garantizar las precisiones del producto final, la empresa deberá tomarlos acorde con las especificaciones. También se podrán utilizar vértices geodésicos vigentes en los casos que sean visibles y viable su determinación.
	b	Bloque AC/AT	Segun necesidad por la configuración de las pasadas y direcciones del vuelo, siempre que logre las precisiones de este anexo I para la aerotriangulación y resto de procesos.	
	c	Distribución de puntos con apoyo de campo para aerotriangulación con datos GNSS / INS de vuelo	- Distribución homogénea por la zona o bloques de trabajo de forma que logre la precisión indicada en la aerotriangulación, permita el posado 3D homogéneo y preciso para lograr las precisiones indicadas en el MDS, y con ello de la ortofoto verdadera y escenas 3D. - Se incluirán puntos de apoyo situados fuera de la zona de tal forma que eviten extrapolaciones en la zona de trabajo.	En caso de que hubieran ocurrido incidencias en el registro de datos GNSS / INS, se aplicarán otras alternativas: <u>Si los centros proyectivos se han procesado de manera relativa</u> Apoyo de campo para aerotriangulación con datos GNSS de vuelo con pasadas transversales: - Puntos dobles en las esquinas del bloque - Un punto de chequeo en cada esquina de hoja MTN50 oficial. Las pasadas transversales se podrán remplazar por cadenas de puntos de apoyo situados en las zonas de solape entre pasadas <u>Si los centros proyectivos no se han medido/procesado correctamente durante el vuelo:</u> Apoyo convencional: - Puntos dobles en las esquinas del bloque - Un punto por cada 3 modelos en la primera y última pasada - Un punto por cada 5 modelos en el resto de las pasadas Los puntos de apoyo estarán situados fuera de la zona a ortoproyectar para evitar extrapolaciones en la zona de trabajo
2.2. Ejecución de los trabajos (puntos nuevos)				
	a	Instrumento a emplear	Receptores GNSS de doble frecuencia	

	b	Elección de los puntos de apoyo	<ul style="list-style-type: none"> - Se elegirán detalles que permitan su identificación inequívoca en la imagen digital, con un error menor de 1 pixel, preferiblemente en zonas llanas. - Serán detalles tales que sean identificables en al menos 10 imágenes (nadirales y oblicuas) de forma Segura y con garantías. 	
	c	Estaciones de referencia	<p>Vértices de la Red REGENTE del IGN u otras estaciones que hayan sido observadas por método estático, a partir de REGENTE o de redes autonómicas oficiales enlazadas con REGENTE.</p> <p>En su caso se podrá usar la Red Geodésica GNSS de la Comunidad de Madrid integrada en la Red Geodésica Nacional de Estaciones de Referencia GNSS (ERGNS), u otras integradas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Al reducir las altitudes, tener en cuenta que generalmente las altitudes de los vértices REGENTE se refieren a la Cabeza del pilar, no a la plataforma - Las observaciones que se realicen para establecer enlaces con las redes oficiales, tendrán una duración mínima de 1 hora.
	d	Método de observación de los puntos de apoyo	- Método de posicionamiento estático rápido	También se podrá usar RTK sobre la red geodésica de estaciones permanentes GNSS (ERGNS) oficiales, siempre que cumpla con las precisiones de este pliego.
	e	Condiciones de observación de los puntos de apoyo	<ul style="list-style-type: none"> - Líneas base < 20 km en 90% de los casos - Número de satélites: ≥ 5 - Precisión en posición PDOP < 6 - Máscara de elevación > 15° sexagesimales - Tiempo de observación > 10 minutos - Mínimo de 120 épocas registradas 	Tres coordenadas en posición condicionado por el método y equipo utilizado, n° y geometría de los satélites
2.3. Precisiones y resultados				
	a	Precisión de las líneas-base	5 mm ± 1 parte por millón (mm/km)	
	b	Precisión de los puntos de apoyo	Será tal que permita la orientación precisa de los fotogramas para generar la nube de puntos, MDS y trueoort requerida. Al menos: <ul style="list-style-type: none"> • Planimetría: RMSE ≤ 0,05 m • Altimetría: RMSE ≤ 0,07 m 	RMSE: Root Mean Square Error (Error Medio Cuadrático). La precisión altimétrica está referida a alturas ortométricas
	c	Planimetría	Coordenadas UTM (ETRS89)	
	d	Altimetría	Cotas ortométricas	<p>Ver apartados 1.b y 1.c</p> <p>Para los puntos de apoyo de archive (preexistentes), se recalcularán las cotas ortométricas con el nuevo modelo de geoide EGM2008-REDNAP. Si no se dispone de las alturas elipsoidales, se calcularán éstas previamente a partir de las cotas ortométricas considerando el modelo de geoide empleado en los cálculos iniciales.</p>
2.4. Productos a entregar (del apoyo o del ya existente en su caso)				
	a	Fotogramas "pinchados"	<p>Fotogramas digitales con:</p> <ul style="list-style-type: none"> - los puntos de apoyo señalados y rotulados - los vértices REGENTE rotulados 	<ul style="list-style-type: none"> - Se empleará el fotograma nadiral más centrado - Formato COG, ECW o JPEG2000
	b	Ficheros del apoyo (solo en caso de puntos de apoyo nuevos)	<p>1) Ficheros GNSS de apoyo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fichero de las observaciones brutas GNSS registradas - Ficheros ASCII en formato RINEX - Un fichero para cada vértice REGENTE y cada punto de apoyo <p>2) Cálculo de líneas base: fichero ASCII con el resultado del cálculo de las líneas base,</p> <p>3) Cálculo y compensación de las coordenadas de los puntos de apoyo: Fichero ASCII</p>	No será necesario si se utilizan bases de datos de puntos de apoyo preexistentes
	c	Base de datos de puntos de apoyo	Listado de los puntos de apoyo, tanto ya preexistentes como tomados nuevos, indicándolo. Se indicará si han sido usados, y para los no usados que se quisieron usar se indicará el motivo (desaparecido, dudoso, etc.) y observaciones.	Según modelo PNOA. Estará integrada en una tabla incluida en la base de datos de aerotriangulación. Consultar a el responsable del contrato por parte de la Administración en caso de duda.
	d	Reseñas de puntos de apoyo y vértices o estaciones de referencia desde las que se han realizado observaciones	<p>Con los siguientes elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Coordenadas UTM X, Y, y Huso UTM. - Altura ortométrica y elipsoidal. - Sistema de referencia (ETRS89). - En su caso, datos y fotografías del Vértice Geodésico o estación de referencia desde el que se ha realizado la medición (una general y otra de detalle donde se pueda observar la colocación de la antena sobre el pilar). - Fotografías del punto de control levantado. - Altura de antena y del elemento observado. - Croquis y reseña original de campo del elemento con indicación de norte. 	En caso de puntos de archive (preexistentes) se añadirán sus correspondientes reseñas.
	e	Gráficos del apoyo	Gráficos en formato shp de los puntos de apoyo y chequeo generado a partir de la base de datos de puntos de apoyo y vértices empleados.	<p>Elementos que deben figurar en los gráficos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Posición exacta de los Puntos de Apoyo fotogramétrico y su número de orden, ya sean nuevos o de archive preexistentes. - En su caso, posición de los vértices geodésicos empleados con su identificador
	f	Informe descriptivo del proceso de apoyo de campo	Informe que detalle el proceso seguido en el apoyo de campo.	Según informe de apartado "Apoyo de campo" del Anexo II.
3 AEROTRIANGULACIÓN (AT)				
3.1. Ejecución de los trabajos				
	a	Método	Obligatoriamente digital, utilizando parámetros GNSS / IMU de vuelo	Sistema de referencia planimétrico y atimétrico: Ver punto 1 del presente anexo. Se utilizarán exclusivamente cotas ortométricas, tanto en el proceso de cálculo como en los resultados finales

	b	Medición de puntos de enlace	Método de estereocorrelación densa de puntos distribuidos uniformemente por el modelo.	Garantizando puntos de enlace tanto en solapes trasversales como modelos longitudinales.
	c	Ajuste del bloque	Ajuste simultáneo por haces de rayos, con parámetros GNSS / IMU y, en su caso, autocalibración.	
	d	Zona a recubrir	Se aerotriangularán todos los fotogramas del vuelo	Segun punto 2 ámbito geográfico del PPT
	e	Puntos de chequeo	Como comprobación del cálculo de la aerotriangulación, se incluirán puntos de chequeo de precisión al menos 1/3 del RMSE final del producto, pudiendo incluirse los vértices geodésicos de la red de orden inferior (ROI).	Podrán usarse también puntos de apoyo que no se hayan usado en el apoyo fotogramétrica previo, siempre que cumplan la precisión indicada.
	f	Desviación estándar a priori de los puntos de apoyo y centros de proyección	La desviación estándar a priori de los P.A se establecerá entre 1/3 y 1/2 del tamaño del píxel. La desviación estándar a priori de los Centros de Proyección se establecerá entre 0,10 m y 0,15 m .	
3.2. Precisiones				
	a	Precisión interna del ajuste del bloque	$RMSE \leq 1/2$ del tamaño del píxel del sensor (micras)	Será tal que permita obtener una nube de puntos, MDS, trueo u escenas 3D con la precisión adecuada para el uso requerido, siendo al menos lo indicado.
	b	Precisión planimétrica final	$RMSE < 0.09$ m	
	c	Precisión altimétrica final	$RMSE < 0.09$ m	
	d	Residuo máximo en los puntos de control	$< 1,5$ veces 0.09 m ($< 0,135$ m)	
3.3. Productos a entregar				
	a	Datos del cálculo de la aerotriangulación	Ficheros de entrada y salida del cálculo	Con toda la información de ajuste, residuos, coordenadas resultantes, etc...
	b	Base de datos del vuelo aerotriangulado	Parámetros de orientación de los fotogramas (X, Y, Z, Ω , Φ , K)	- Según criterio de signos y orígenes y formato tipo PNOA. Consultar a el responsable del contrato por parte de la Administración en caso de duda. - Se integrará en esta base de datos una table para el apoyo.
	c	Gráficos del canevas	En formato shp con la posición exacta de los puntos del canevas, generados a partir de la base de datos de AT.	
	d	Informe descriptivo del proceso de aerotriangulación	Informe que detalle el proceso seguido en la aerotriangulación.	Según informe de la hoja "Aerotriangulación" del Anexo II.
4	GENERACIÓN DE UN MOSAICO DE ORTOFOTO ESTANDAR (Ortofoto rápida tipo PNOA)			
4.1	Generación de ortofoto rápida			
	a	Obtención de la ortofoto rápida	Se realizará a partir de todos los fotogramas nadirales disponibles orientados tras la realización de la aerotriangulación del trabajo. Se usará un MDT/MDO anterior ya preexistente sin revisión ni adaptación de cambios, con paso de malla y precisión requerida para las precisiones nominales a nivel terreno. Puede extraerse también del MDS del punto 5 de este anexo. La ortofoto incluirá líneas de costura automática (seam radiometric) sin edición y un ajuste cromático automático realista (tipo ATRPol o similar).	Se usarán todos los fotogramas nadirales disponibles del vuelo ortoproyectandolos para utilizar solo la parte más central de cada uno. No será necesario aplicar retoques estéticos (mejoras radiométricas), ni edición de láminas de agua. Si se usa un MDT/MDO preexistente procedente o derivado de fuentes oficiales, derivado del vuelo LIDAR 2024 de la Comunidad de Madrid, o en su defecto de otro de fecha de captura lo más cercano posible a la fecha del vuelo. Consultar, en su caso, con el responsable del contrato por parte de la Administración.
		Ortofoto a generar	Ortofoto por cortes de toda la zona de trabajo. RGBI a 16 bit por banda.	El corte de los ficheros se consultará con el responsable del contrato por parte de la Administración y esta tendrá que aprobarlo en base al volumen de datos y de ficheros.
		Tamaño de Pixel	Al menos 10 cm	
		Equilibrado radiométrico.	Se garantizará la continuidad cromática entre todas las hojas de la zona de trabajo y del mosaicado del conjunto de toda la zona de trabajo. Corrección radiométrica de los efectos BRDF (Bidirectional Reflectance Distributiin Function) mediante métodos automáticos.	Continuidad cromática preservando el color natural sin dominantes. Si se aplica "dodging", debe ser lo más suave posible para no "aplanar" la radiometría de la imagen. No será necesario aplicar filtros de enfoque o retoques estéticos (mejoras radiométricas), ni edición de láminas de agua.
		Sistema de coordenadas y orientación.	Las ortofotos serán generadas en ETRS89 H30, incluidos los mosaicos globales finales. Orientación norte UTM.	Ver punto 1 de este anexo
		Precisión geométrica	A nivel terreno, similares a la de las ortofoto verdadera en áreas sin cambios bruscos de altitud o en áreas que no hubieran requerido actualización.	
4.2	Productos a entregar			
		Ortofotos por hojas sin comprimir	- Formato Geotiff, 4 bandas (RGBI) 16bit por banda. Sin comprimir. - El corte de los ficheros se consultará con el responsable del contrato por parte de la Administración y esta tendrá que aprobarlo en base al volumen de datos y de ficheros.	Los píxeles de hojas de borde de la zona de trabajo sin datos tendrán fondo transparente (banda alfa), para en su caso evitar el encuadrado sin dato.

		Fichero TFW adicional	La esquina superior izquierda del píxel superior izquierdo de cada corte tendrá obligatoriamente coordenadas UTM H30 (ETRS 89) exactas, múltiplo de 10 metros.	Las coordenadas que deben figurar en el fichero TFW serán múltiplos de 10 m con un incremento de + 1/2 píxel en x y 1/2 píxel en y ya que se refieren al centro del píxel. De esta forma, los múltiplos enteros de 10 m corresponderán a la esquina superior izquierda del píxel
	a	Ficheros imagen mosaico completo comprimido	- Fichero mosaico global a 3 bandas (RGB) a 8 bit por canal de la zona de trabajo en formato COG (Cloud Optimized GeoTiff) compresión jpg a plena resolución con factor de compresión 6. - Además se entrega también en fichero formato ECW (factor 6).	- Los píxeles exteriores a la zona de trabajo sin datos tendrán fondo transparente (banda alfa), para evitar el encuadrado sin dato. - Contendrá en cabecera el SGR y proyección cartográfica
		Fichero del MDO utilizado	Se entregará en formato grid ASCII (XYZ) con paso de malla de 1m.	
		Líneas de mosaico del cosido de la ortorectificación	Fichero de polígonos en formato <i>shapefile</i> con identificación, al menos, del número de fotograma usado, con fecha (día) y hora de toma si se dispone de ello.	ETRS89 UTM H30
	b	Informe descriptivo del proceso de ortorectificación rápida	Informe del proceso seguido en la ortofoto rápida	Según informe de la hoja "Ortofoto Rap." del Anexo II.
5. NUBE DE PUNTOS 3D Y MODELOS DIGITALES DE SUPERFICIES (MDS)				
5.1. Nube de puntos 3D				
	a	Objetivo	Obtener una nube de puntos de alta densidad que permita generar modelo digital de superficies (MDS) para ortofoto verdadera (True-ortho, DSM ortho) y escenas 3D.	
	b	Obtención de nube de puntos	Se obtendrá por correlación estereoscópica masiva de alta densidad (dense matching) usando todos los fotogramas, tanto nadirales como oblicuos.	
	c	Resolución de la nube de puntos	Un punto por píxel (precisión geométrica muy alta)	
	d	Precisión altimétrica	RMSE ≤ 2 x 0.09m	
	e	Zona de trabajo	Se obtendrá la nube de puntos de alta densidad de toda la zona de trabajo en la que se disponga de plena cobertura fotogramétrica para ello, pudiéndose realizar técnicamente de forma efectiva y con garantías.	
	f	Corte de ficheros	El corte de los ficheros se consultará con el responsable del contrato por parte de la Administración y esta tendrá que aprobarlo en base al volumen de datos y de ficheros.	Mínimo CUTM 1 x 1 km.
5.2. Modelo Digital de Superficie para Ortofoto Verdadera (MDS)				
	a	Objetivo	Obtener un modelo digital de superficies de alta densidad, que permita generar una ortofoto verdadera (true orto o DSM ortho) correctas geoméricamente, incluso en las carreteras, viaductos, etc., así como escenarios 3D .	
	b	Método de obtención del MDS	A partir de la nube de puntos de alta densidad.	Ver 5.1 de este anexo I
	c	Resolución del MDS de alta densidad	0,1 m x 0,1 m	
	d	Edición de la malla	Se revisará y editarán aquellas zonas donde la estereocorrelación no ofrezca los resultados esperados en la generación de las ortofotos verdaderas o las escenas 3D, especialmente en elementos lineales (puentes, viaductos), edificaciones, láminas de agua, zonas sin información, zonas de cambios de pendiente, etc., introduciendo líneas de ruptura naturales y artificiales si fuera requerido	La revisión será preferiblemente estereoscópica. La edición se podrá apoyar en la información LIDAR 2024 (5 puntos por m2). Se prestará especial atención a los puntos de doble cota (pasos a distinto nivel, muros fachadas verticales, etc.)
	e	Simplificación geométrica de la malla.	Se hará una simplificación de la malla basada en la detección de planos.	
	f	MDS reducido	Se procederá a obtener el MDS de malla regular mediante interpolación del MDS de alta densidad El paso de malla del MDS será de 0,5 m x 0,5 m	
	g	Precisión de los MDS : error medio cuadrático	RMSEX ≤ 2 x 0.1 m RMSEY ≤ 1,5 x 0.1 m	En caso de duda en la interpretación o inviabilidad por la fuente, consultar con el responsable del contrato por parte de la Administración.
	h	Precisión de los MDS : error máximo	EMAX ≤ 4 x 0.1 m en el 95% de los casos No podrá haber ningún punto con un error superior a 0,9 m	
	i	Corte de ficheros	El corte de los ficheros se consultará con el responsable del contrato por parte de la Administración y esta tendrá que aprobarlo en base al volumen de datos y de ficheros.	Tanto para el MDS de alta densidad como para el reducido.
5.3. Productos a entregar				
	a	Ficheros de la nube de puntos de alta densidad	- Formato LAS (LAZ) incluyendo información RGB (coloreado). Se utilizará la versión las 1.4 formato 8. - Formato E57	- Según el puntos 4.1 de este anexo. - El corte de los ficheros se consultará con el responsable del contrato por parte de la Administración y esta tendrá que aprobarlo en base al volumen de datos y de ficheros. Mín. CUTM 1x1 km.
	b	Ficheros del MDS de alta resolución (malla)	- MDS en formato <i>grid</i> ASCII (XYZ). Paso de malla de 0,1 m x 0,1 m. - El corte de los ficheros se consultará con el responsable del contrato por parte de la Administración, así como sustituir el formato por ASCII matriz ESRI, y esta tendrá que aprobarlo en base al volumen de datos y de ficheros. Mínimo CUTM 1 x 1 km.	- Grid editado, ajustado a los elementos naturales y artificiales (puentes, viaductos, edificios, etc.) del terreno y que además incorpora la información altimétrica de las edificaciones. - Todos los puntos de la malla tendrán

				coordenadas planimétricas X,Y UTM múltiplos del paso de malla. - Consultar la posibilidad de ASCII matriz ESRI en función del volumen de los ficheros
	c	Ficheros del MDS de alta resolución (imagen)	- MDS en formato GEOTIFF. Paso de malla 0,1 m x 0,1 m . - El corte de los ficheros se consultará con el responsable del contrato por parte de la Administración y esta tendrá que aprobarlo en base al volumen de datos y de ficheros. Mínimo CUTM 1 x 1 km.	Desde el fichero <i>grid</i>
	d	Ficheros del MDS de menor resolución	- MDS en formato GEOTIFF - Paso de malla 0,5 m x 0,5 m - El corte de los ficheros se consultará con el responsable del contrato por parte de la Administración y esta tendrá que aprobarlo en base al volumen de datos y de ficheros. Mínimo hoja oficial 1:5.000.	Grid interpolado a partir del MDS de alta resolución. Todos los puntos de la malla tendrán coordenadas planimétricas X,Y UTM múltiplos del paso de malla.
	e	Informe descriptivo del proceso de generación de MDE	Informe detallado con el proceso seguido	Según informe de la hoja "MDE" del Anexo II.
6. ORTOFOTO VERDADERA (TrueOrto – DSM Ortho)				
6.1. Ejecución de los trabajos				
	a	Método	Flujo de trabajo digital	- Generado a partir del MDS y de los fotogramas nadirales del vuelo - Interpolación bilineal ó bicúbica - Ortorectificación de las imágenes nadirales de 4 bandas.
	b	Ortofotos a generar	Ortofotos verdaderas multispectrales RGBI, para toda la zona de trabajo en la que se disponga de plena cobertura de solape nadir, pudiéndose realizar técnicamente de forma efectiva y con garantías.	
	c	Resolución espacial (Tamaño de píxel)	0,1 m	
	d	Resolución radiométrica (Profundidad de color)	16 bits por banda	
	e	Orientación de las imágenes	Norte UTM	
	f	Radiometría interna de las ortofotos	Las imágenes procesadas deben hacer un uso efectivo de todos los bits según la resolución radiométrica de cada cámara, evitando la aparición de niveles digitales vacíos y saturaciones en los extremos del histograma. La valoración de estos parámetros se realizará sobre la imagen reescalada linealmente a 8 bits que mantendrá su aspecto, debiendo ser el número de niveles digitales vacíos inferior al 10% y las saturaciones en los extremos del histograma para cada banda inferiores al 0,5%	- Para el cálculo de las estadísticas radiométricas se considerarán únicamente las zonas terrestres, no se tendrán en cuenta zonas sin recubrir fotográficamente que formen parte de una hoja, ni zonas de mar. - No se requiere la generación de las imágenes GeoTIFF de 8 bits, ni su entrega.
	g	Equilibrado, tratamiento radiométrico del conjunto de imágenes y eliminación de elementos en circulación.	- Unidad para el equilibrado: zona de trabajo. - Se deberá garantizar continuidad cromática entre todas las hojas de las zonas de trabajo ("ortofoto continua") e individualmente en cada hoja, preservando el color natural sin dominantes. - Se eliminarán de la imagen los efectos producidos por "hot spot", vignetting y cualquier otro que empeore la calidad de la imagen, como manchas y destellos - Se tratarán las imágenes automáticamente para eliminar los elementos "en circulación" de las imágenes dentro de lo posible,	- Si se aplica " dogging ", debe ser lo más suave posible para no "aplanar" la radiometría de la imagen. - En la eliminación de elementos en circulación, se consultará con el responsable del contrato por parte de la Administración en caso de efectos altamente distorsionantes o <i>ghosting</i> en zonas de atascos circulatorio o de circulación continua.
	h	Mosaico por hojas de la ortofoto verdadera	- Para la realización del mosaico, se utilizarán los píxeles o partes de cada fotograma más favorables con el fin de eliminar las oclusiones. - Se recomienda aplicar y seguir los mínimos cambios radiométricos posibles con edición manual.	El mosaico se realizará sin volver a remuestrear ninguna ortofoto : cada píxel del mosaico final ha debido ser interpolado una sola vez en todo el proceso. En ningún caso línea de corte (cosido o unión) pasará por encima de las edificaciones.
	i	Zonas censuradas por motivos de seguridad militar u otras.	Las zonas eliminadas por la censura se mantendrán tal como vienen en la fotografía original, con su resolución degradada, sin enmascarar.	
	j	Corte de imágenes por hojas	El corte de los ficheros se consultará con el responsable del contrato por parte de la Administración y esta tendrá que aprobarlo en base al volumen de datos y de ficheros.	- Ver punto 1e del presente anexo. - Se considera esquina superior izquierda de la imagen, la esquina superior izquierda del píxel superior izquierdo .
	k	Sistema de coordenadas	Las ortofotos serán generadas en ETRS89 en projection UTM H30, incluidos los mosaicos finales	
6.2. Precisión geométrica				

a	Error medio cuadrático	$\leq 0,20 \text{ m}$	El control se realizará mediante el levantamiento con GNSS de una muestra de puntos sobre algunas zonas de trabajo elegidas al azar, a realizar sobre un 10 % de los bloques fotogramétricos. Criterio de repetición: detección de problemas en más de un 5 % de las ortofotos
b	Error máximo en cualquier punto	$\leq 0,40 \text{ m}$ en el 95% de los casos No podrá haber ningún punto con un error superior a 0,80 m	En puntos bien definidos con precisión 1/3 del RMSE
c	Discrepancias máximas entre ortofotos de fotogramas contiguos	2 píxeles	
6.3. Productos a entregar			
a	Ortofotos verdaderas sin comprimir	- Formato GeoTIFF , a 4 bandas RGBI, 16 bits, sin comprimir y equilibradas radiométricamente. - El corte de los ficheros se consultará con el responsable del contrato por parte de la Administración y esta tendrá que aprobarlo en base al volumen de datos y de ficheros.	- GeoTIFF de acuerdo a especificaciones Inspire sobre ortoimágenes.
b	Fichero TFW de cada GeoTIFF RGBI, por separado.	La esquina superior izquierda del píxel superior izquierdo de cada hoja tendrá obligatoriamente coordenadas UTM H30 (ETRS 89) exactas, múltiplo de 10 metros.	- Las coordenadas que deben figurar en el fichero TFW serán múltiplos de 10 m con un incremento de + 1/2 píxel en x y -1/2 píxel en y ya que se refieren al centro del píxel. De esta forma, los múltiplos enteros de 10 m corresponderán a la esquina superior izquierda del píxel.
c	Ortofotos verdaderas comprimidas mosaico del conjunto a plena resolución.	- Fichero a 8 bit por banda, RGB en formato COG (Cloud Optimized GeoTiff) con compresión nivel 6 tipo Deflate , o bien con compresión JPG (80%) a consultar con el responsable del contrato por parte de la Administración. - Además se entrega también en fichero formato ECW (compresión 6).	- Los píxeles exteriores a la zona de trabajo sin datos tendrán fondo transparente (banda alfa), para evitar el encuadrado sin dato. - Contendrá en cabecera el SGR y proyección cartográfica. - Consultar con el responsable del contrato por parte de la Administración el nivel de compresión.
d	Informe descriptivo del proceso de generación de ortofotos	Descripción detallada del proceso seguido.	Según informe de la hoja "Ortofoto Def.V" del Anexo II.
7. ESCENAS 3D FOTOREALISTAS			
7.1. Ejecución de los trabajos			
a	Objetivo	Obtener un escenario 3D que permita visualizar y medir tridimensionalmente.	Las escenas 3D proporcionarán el soporte tridimensional esencial para la visualización integral y la representación precisa de elementos georreferenciados. Estas escenas deben permitir la integración de datos dinámicos y facilitar la ejecución de análisis complejos y simulaciones que modelen escenarios de la realidad física y proyectada.
b	Método de obtención de las escenas 3D	A partir de las imágenes del vuelo nadirales y oblicuas y del modelo digital de superficies de alta densidad (MDS)	No sobre objetos vectoriales 3D simplificados.
c	Zona a recubrir	Se obtendrá la escena 3D para toda la zona de trabajo en la que se disponga de plena cobertura de todas las tomas, pudiéndose realizar técnicamente de forma efectiva y con garantías	
7.2. Malla teselada			
a	Simplificación geométrica de la malla.	Se hará una simplificación de la malla basada en la detección de vértices, aristas y polígonos.	
b	Ecuilibración del color y texturizado	Homogeneización estándar de la radiometría entre fotogramas de las distintas vistas y texturizado de la malla. - Sin costuras visibles (<i>seam blending</i> aplicado). - <i>Color balancing</i> entre imágenes de la fuente. - Sin artefactos de ghosting por objetos móviles - <i>HDR tone mapping</i> para rango dinámico consistente.	Rendimiento de texturizado: - Atlas UV (LOD0) mínimo 8000x 8000 por tile - Densidad >1024 telas/m lineal de fachadas - Formato KTX2/Basis Universal En caso de duda en la interpretación o inviabilidad por la fuente o formato, consultar con el responsable del contrato por parte de la Administración.
c	Edición de la malla	Se rellenarán automáticamente los agujeros pequeños.	- Malla cerrada sin agujeros - Sin triángulos degenerados (área cercana a 0) - Sin auto-intersecciones - Normales consistentes orientadas hacia el exterior
d	Representación de regiones sin textura	Se rellenarán automáticamente pequeñas y medianas regiones no texturizadas por limitaciones del vuelo o del MDS	Se empleará información de las teselas vecinas
e	Resolución del modelo 3D y precisión	Resolución acorde al GSD de las imágenes de entrada. Precisión igual al del MDS	Densidad de malla LOD0 >500 triángulos/m2 en fachadas En caso de duda en la interpretación o inviabilidad por la fuente, consultar con el responsable del contrato por parte de la Administración.
f	Retoques a nivel de textura y geometría	Se realizarán retoques para corregir las escenas 3D allí donde se detecten errores. Los errores no justificables pueden requerir una edición del MDS o de la orientación de las imágenes.	Geométricas: - Sin gaps visibles entre tiles adyacentes a ningún nivel de zoom. - Transiciones LOD sin 'popping' perceptible.

			<ul style="list-style-type: none"> - Elementos verticales (fachadas, farolas) sin deformación > 5°. - Cubiertas de edificios sin colapso o inversión. <p>Visual:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Consistencia cromática en todo el dataset - Sin artefactos de stitching en texturas - Vegetación y agua renderizados sin distorsión severa - Elementos móviles (vehículos, personas) eliminados o minimizados
7.3. Productos a entregar			
	a	<p>Escenas 3D fotorealistas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Malla 3D fotorealista RGB teselada - Toda la zona en un solo fichero. <p>Formato de entrega principal:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3DTiles 1.1 (OGC Community Standard) con glTF 2.0 como formato de geometría embebida (.glb) <p>Extensiones requeridas según disponibilidad: 3DTILES_content_gltf, EXT_mesh_gpu_instancing (mobiliario urbano), KHR_texture_basisu (compresión de texturas), KHR_mesh_quantization (optimización de vértices)</p> <p>También se entregarán en formatos con características lo más equivalentes posibles en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3tz - I3S (Indexed 3D Scene Layer) - SLPK (Scene Layer Package) 	<p>3DTiles:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jerarquía de niveles de detalle funcional (rango error geométrico, número de triángulos/tile): - LOD0: 0-2 m, <65.000 (vista peatonal) - LOD1: 2-8 m, < 32.000 (vista aérea baja) - LOD2: 8-32 m, <16.000 (vista urbana) - LOD3: 32-128 m, <8.000 (vista regional) - LOD4: >128 m, <2.000 <ul style="list-style-type: none"> - Tiles y volumen de envoltura: - Tamaño de tile de 0,5 – 2 MB (óptimo streaming) - <i>boundingVolume.region</i> o <i>boundingVolume.box</i> ajustado - Implicit tiling para dataset extensos (quadtree/octree) - Tiles adyacentes deben compartir vértices en bordes. <p>En caso de duda en la interpretación o inviabilidad por la Fuente o formato, consultar con el responsable del contrato por parte de la Administración.</p> <p>El responsable del contrato por parte de la Administración podrá:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Variar algún formato entre estos: 3dz, 3MX, S3C, Collada (DAE), OBJ, SLT o OSGB. - Determinar un corte en ficheros de menor tamaño, en función del volumen de datos, que la empresa deberá consultar.
	b	Informe descriptivo del proceso de generación de ortofotos	<p>Descripción pormenorizada y detallada del proceso seguido.</p> <p>Según informe de la hoja "Escenas 3D" del Anexo II.</p>
8. GRABACIÓN Y ARCHIVO DE PRODUCTOS			
8.1. Ejecución de los trabajos			
	a	Grabación productos y documentos	<p>Se realizará la grabación de todos los entregables y documentos en discos duros SATA sin carcasa.</p> <p>Previamente a la entrega, se comprobará que el modelo de los discos duros SATA se adaptan a los interfaces eSATA de el responsable del contrato por parte de la Administración.</p>
	b	Almacenamiento de los ficheros de proyecto	<p>La empresa adjudicataria deberá guardar los ficheros del proyecto durante todo el período de garantía, por si fuera necesario rehacer alguna fase de los trabajos.</p>
	c	Número de copias	<p>Se entregarán dos copias en discos SATA.</p>
	d	Estructura de almacenamiento	<p>Los entregables y documentos serán grabados de acuerdo con la estructura de directorios que será proporcionado por el responsable del contrato por parte de la Administración.</p> <p>Consultar con el responsable del contrato por parte de la Administración</p>
	e	Nomenclatura de los ficheros	<p>Los entregables y documentos tendrán una nomenclatura de acuerdo con la nomenclatura que será proporcionada por el responsable del contrato por parte de la Administración.</p> <p>Consultar con el responsable del contrato por parte de la Administración</p>
8.2. Productos a entregar			
	a	Discos y lector	<ul style="list-style-type: none"> - Los discos SARA referidos en el punto 8.1 de este anexo - Un lector SATA compatible
	b	Listado de ficheros	<p>Fichero ASCII con detalle de carpetas, subcarpetas y ficheros o similar.</p> <p>Mediante comando MS-DOS: <code>dir /s > [nombre de fichero].txt</code> o cualquier otro procedimiento similar</p>
	c	Informe descriptivo del proceso de archivo	<p>Según modelo entregado por el responsable del contrato por parte de la Administración</p> <p>Según informe de la hoja "Grabación Postproceso" del Anexo II.</p>
9. CONTROL DE CALIDAD			
9.1. Ejecución de los trabajos			
	a	Control de calidad de los trabajos realizados	<p>Se garantizará que los procesos de trabajo y los productos generados cumplen con las presentes especificaciones técnicas, debiéndose realizar un control de calidad que consiga estos objetivos documentándolo adecuadamente.</p>

18

ANEXO II

Formularios de informes descriptivos de los procesos y declaración de Control de Calidad

Este anexo son formularios en hojas excel (xls) a rellenar por la empresa adjudicataria. Se pone a disposición de los licitadores en el fichero llamado:

20251120_ANEXO_2_Informes_iOFv10_3D-25.xls