

**Plec tècnic per realitzar aixecaments
georreferenciats amb tècniques
fotogramètriques i/o lasergramètriques
mitjançant Vehicles Aeris No Tripulats
(VANT)**

CONTROL DE VERSIONS

Data	Expedient	Editor	Observacions
20.02.2024	2024_021_TO	topografia.tgna@tarragona.cat	Redacció inicial
13.03.2024	2024-31-TO	topografia.tgna@tarragona.cat	<ul style="list-style-type: none">• Adaptació al projecte,• Clàusula propietat dades i reutilització informació• Clàusula comunicació subcontractació treballs
22.04.2024	2024-47-TO	topografia.tgna@tarragona.cat	Adequació del plec a l'objecte de l'encàrrec
04.03.2025	2025-025-TO	topografia.tgna@tarragona.cat	<ul style="list-style-type: none">• Inclusió casos generació cartografia topogràfica• Concreció casos documentació patrimonial
14.05.2026	2025-025-TO	topografia.tgna@tarragona.cat	S'afegeix apartat de FAQ's



ACRÒNIMS	5
1. OBJECTE DE LA MEMÒRIA	6
2. ANTECEDENTS	6
3. PLANIFICACIÓ DELS TREBALLS	7
4. ESPECIFICACIONS GENERALS PER A LA REALIZACIÓ DELS AIXECAMENTS	8
4.1. SISTEMA DE REFERÈNCIA	8
4.2. SISTEMA CARTOGRÀFIC DE REPRESENTACIÓ	8
4.3. PRECISIONS	8
4.4. TREBALLS DE CAMP	9
4.4.1. Treballs topogràfics	9
4.4.2. Radiació de punts de control topogràfics	10
4.4.3. Ubicació i àrea del vol	12
4.4.4. Paràmetres de vol i dels fotogrames	13
4.4.5. Permisos de vol	15
4.4.6. Presa de fotografies	15
4.5. FOTOGRAMETRIA	15
4.5.1. Orientació del model	16
4.5.2. Càlcul del Model 3D	16
4.5.3. Obtenció de les ortofotografies	17
4.5.4. Generació de núvol de punts	17
4.6. LASERGRAMETRIA (LIDAR)	17
4.6.1. Processament de les dades	18
4.6.2. Elaboració del núvol de punts	18
4.6.3. Orientació del model	18
4.6.4. Generació de núvol de punts	19
4.6.5. Generació del Model Digital d'Elevacions (MDE)	20
4.6.6. Model Digital del Terreny (MDT)	20
4.7. RESULTATS	20



4.8.	MEMÒRIA D'EXECUCIÓ	21
4.8.1.	Introducció	21
4.8.2.	Objectius	21
4.8.3.	Descripció de la metodologia	22
4.8.4.	Descripció dels resultats	22
4.8.5.	Bibliografia	22
4.8.6.	Annexos	22
4.9.	DOCUMENTACIÓ I VALIDACIÓ DELS TREBALLS	22
4.9.1.	DOCUMENTACIÓ I FORMATS	22
5.	PROPIETAT INTELECTUAL	26
6.	ANNEX 1: ELEMENTS A VECTORITZAR.....	28
6.1.	OBJECTIU	28
6.2.	DADES A RECOLLIR	28
6.2.1.	REPRESENTACIÓ	28
6.2.2.	CONSISTÈNCIA TOPOLÒGICA	28
6.2.3.	REPRESENTACIÓ DE L'ELEMENT.....	29
7.	FAQ'S	29
8.	BIBLIOGRAFIA.....	32



Plec tècnic per realitzar aixecaments georreferenciats amb tècniques fotogramètriques i/o lasergramètriques mitjançant Vehícles Aeri No Tripulats (VANT)

ACRÒNIMS

GSD: Ground Sample Distance. Distància de mostreig del terreny. És la distància entre el centre de dos píxels consecutius mesurats sobre el terreny. Aquest paràmetre defineix la resolució màxima de la imatge.

LIDAR: Light Detection And Ranging. Tecnologia que mesura distàncies amb polsos làser per captar la forma i la posició dels objectes amb molta precisió, generant un núvol de punts molt dens dels elements escanejats.

PC: Punt de Control: Punt sobre el terreny o sobre l'element a documentar del qual se'n coneixen les seves coordenades en el sistema de referència oficial obtingudes per mètodes topogràfics.

SPGIC: Servei de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya.

XTM: Xarxa Topogràfica Municipal.

VANT: Vehicle Aeri No Tripulat. Conegut de manera comuna com a "dron".



1. OBJECTE DE LA MEMÒRIA

L'objectiu d'aquest document és establir les condicions tècniques i metodològiques per a la realització dels aixecaments amb tècniques fotogramètriques i/o lasergrametria (LIDAR) amb Vehicles Aeris No Tripulats (VANT) i obtenir així la documentació gràfica amb qualitat mètrica dels elements objecte de l'encàrrec.

En el cas que la finalitat del contracte en el qual s'emmarca el present plec sigui de documentació per dur a terme una intervenció que alteri o modifiqui la realitat física de l'element, caldrà realitzar un aixecament fotogramètric i/o lasergrametria previ als treballs i un altre a la finalització per tal de disposar d'un model de l'original i un altre de l'estat final.

Els procediments i condicions descrites en aquest plec són d'aplicació tant per l'aixecament fotogramètric i/o lasergrametria de l'estat inicial com l'estat final.

Aquest productes s'elaboraran segons s'indica en els apartats d'aquest document.

2. ANTECEDENTS

El creixement de l'ús de VANT és inevitable i imparable. Aquest auge és degut a múltiples factors, d'entre els quals cal destacar la facilitat d'ús, l'abaratiment dels costos de captació de dades i la generació de models i cartografia digital georeferenciada amb precisió i exactitud. Per aquest fet es creu apropiat definir una metodologia i uns paràmetres escaients, per a cobrir les necessitats dels diferents departaments de la corporació municipal.

Aquest plec és una guia d'ús i bones pràctiques per als treballs a realitzar amb VANT; per la creació d'ortomosaics, malles, textures, superfícies, núvols de punts, models digitals (terreny, elevacions, superfícies...) i els diferents índexs normalitzats creats a partir de càmeres multiespectrals.

Els diferents departaments de l'Ajuntament de Tarragona estan compromesos en la integració completa de tota la informació geoespacial, i és per això, que el plec contempla unes condicions rigoroses de georeferenciació i de qualitat mètrica dels productes que es generen.

És clau que la geoinformació generada perduri en el temps i se li pugui seguir extraient informació fora de l'objecte principal del contracte. Es pretén evitar la repetició de contractes de documentació d'un mateix element que no hagi sofert modificacions, i per tant, més enllà d'aquest, es demanen precisions i resolucions superiors a les que serien d'aplicació en una documentació.



3. PLANIFICACIÓ DELS TREBALLS

Segons el que s'indica a partir de l'apartat 5, l'adjudicatari elaborarà una primera proposta escrita de com durà a terme els treballs. En aquesta proposta haurà d'aparèixer la següent informació:

- Aparells a utilitzar. Inclou qualsevol tipus d'instrument, càmera, etc. indicant les seves precisions, toleràncies o resolucions, certificats de calibratge, etc.
- Programari a utilitzar. Inclou descripció del flux de treball per a obtenir els resultats de l'apartat 5.7-RESULTATS. L'adjudicatari haurà de disposar de les llicències d'ús vàlides i vigents de tot el programari que utilitzi en el projecte. A efectes de control, abans de la validació de la planificació haurà d'aportar una declaració responsable i els justificants de llicència vigent (p. ex. certificats del fabricant, contracte/subscripció o factura/ordre de renovació on consti el període de vigència) de les eines indicades, i mantenir-los disponibles per a qualsevol verificació durant l'execució.
- Estudi d'escales i precisions finals en funció de la metodologia de treball, aparells utilitzats i de l'element a documentar.
- Pla de presa de dades. Inclou el pla de vol o de presa de fotografies, recobriments, ubicació dels estacionaments i Punts de Control (PC), enllaç a la XTM, etc.
- Cronograma amb la planificació temporal dels treballs.
- Caldrà indicar el nom de totes les empreses que intervinguin en la realització del contracte, incloses les subcontractades en cas que es produeixi.
- Caldrà adjuntar el nom i la titulació oficial de les persones que participin en el projecte i detallar en quina fase intervenen (captura de dades, digitalització, modelització, delineació, maquetació, i tots aquells que escaiguin).

Aquesta proposta s'haurà de validar prèviament pel *Departament de Topografia i Geomàtica* de l'Ajuntament, abans d'iniciar els treballs. El Departament podrà rebutjar, de manera motivada, els perfils que no acreditin la titulació acadèmica habilitant per a les tasques assignades a la planificació presentada pel contractista. Si es detecta que participa en alguna fase un perfil no previst a la planificació, es requerirà al contractista que ho esmeni. Si l'esmena no es produeix o no és efectiva, l'Ajuntament podrà resoldre el contracte per incompliment del present plec, sense dret a cap compensació econòmica.

Un cop obtinguda la validació de la planificació, es comunicarà al Departament de Topografia i Geomàtica la data d'inici dels treballs amb una antelació mínima de 15 dies hàbils.



Plec tècnic per realitzar aixecaments georreferenciats amb tècniques fotogramètriques i/o lasergramètriques mitjançant Vehicles Aeris No Tripulats (VANT)

En cas de no presentar la proposta metodològica prèvia a l'inici dels treballs per ser validada pel Departament de Topografia i Geomàtica, no s'autoritzarà l'inici dels treballs objecte del contracte.

4. ESPECIFICACIONS GENERALS PER A LA REALIZACIÓ DELS AIXECAMENTS.

4.1. SISTEMA DE REFERÈNCIA

El sistema geodèsic de referència és el descrit al Decret 1071/2007 i basat en l'el·lipsoide GRS80. Les alçades dels punts es referiran al sistema de referència altimètric oficial corresponent als registres del nivell mitjà del mar a Alacant (model de geoide EGM08D595 de l'ICGC¹). Les latituds referides a l'Equador es consideren positives al nord, i les longituds referides al meridià de Greenwich es consideren positives a l'est.

A Catalunya el sistema de referència es materialitza sobre el territori mitjançant el Servei de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya (SPGIC). Al terme municipal de Tarragona la xarxa topogràfica local es denomina Xarxa Topogràfica Municipal (XTM, en endavant).

4.2. SISTEMA CARTOGRÀFIC DE REPRESENTACIÓ

La representació planimètrica serà l'establerta com a reglamentària pel Decret 1071/2007. A Catalunya serà la projecció UTM31N.

4.3. PRECISIONS

Segons el producte objecte del contracte, caldrà obtenir les següents precisions:

- Planimetria per al manteniment de la base cartogràfica municipal

La planimetria de l'àmbit es realitzarà a escala 1:500 segons el "**Plec d'especificacions tècniques per al manteniment de la cartografia topogràfica 3D municipal**", en la darrera versió disponible que es pot trobar i descarregar a la pàgina web <https://www.tarragona.cat/lajuntament/fitxers-1/altres/topografia/plec-despecificacions-tecniques-d2019obra-acabada-per-al-manteniment-de-la-cartografia-municipal-topografica-3d-oficial>.

La mida del píxel final de l'ortomosaic serà de 10cm, per tant, la captura haurà d'assegurar que el GSD tingui una resolució suficient.

- Planimetria per aixecaments cartogràfics de detall

La planimetria de l'àmbit es realitzarà a escala 1:200.

¹ Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. www.icgc.cat



La mida del píxel final de l'ortomosaic serà de 4cm, per tant, la captura haurà d'assegurar que el GSD tingui una resolució suficient.

- Documentació d'elements patrimonials

Les fotografies s'obtidran a una resolució que permeti obtenir posteriorment ortofotografies amb resolució mínima de 1 mm/píxel.

- Aixecament per lasergrametria (LIDAR):

Es requereix un escanejat làser 3D amb l'objectiu de poder elaborar un model tridimensional de l'entorn. Per altra banda, el model ha de permetre generar els plànols i seccions necessàries que permetin conèixer amb suficient precisió l'estat actual. El núvol de punts serà complet en tota la seva zona d'interès, sense ombres, zones ocultes o sense informació.

Es realitzarà amb una densitat mínima d'un punt per mm per poder obtenir un model tridimensional a màxima resolució de l'estat actual. Això permetrà disposar d'un bessó digital per a poder realitzar futures consultes de l'àmbit sense pèrdua d'informació. Conjuntament amb les coordenades dels punts que conformen el núvol es registrarà el seu color vertader RGB.

Una vegada obtingut el núvol de punts es realitzarà una còpia a la qual se'n reduirà la resolució que permeti obtenir una precisió adequada a l'escala final del plànol imprès a DIN A3 màxim. En general, la densitat del núvols punts serà la de la taula següent² i s'haurà de mantenir en tota l'àrea d'escaneig:

<i>Escala</i>	<i>Densitat mínima de punt</i>
1:10	≤1mm
1:20	≤2.5mm
1:50	≤5mm
1:100	≤15mm
1:200	≤30mm
1:500	≤75mm

4.4. TREBALLS DE CAMP

4.4.1. Treballs topogràfics

Tots els treballs es recolzaran en la XTM que s'està desplegant al terme municipal. L'adjudicatari contactarà amb el Departament de Topografia i Geomàtica abans de realitzar la planificació del vol per sol·licitar les coordenades dels vèrtexs existents en la zona del projecte.

² Font: Metric Survey Specifications for Cultural Heritage.



En cas que en la zona de treball no hi hagi vèrtexs de la XTM, caldrà que l'adjudicatari estableixi una xarxa de bases topogràfiques que compleixi amb les indicacions del "**Plec d'especificacions tècniques per a l'establiment de la Xarxa Topogràfica Municipal**" en la última versió disponible i que es pot descarregar de la pàgina web municipal <https://www.tarragona.cat/lajuntament/fitxers-1/altres/topografia/plec-despecificacions-tecniques-per-lestabliment-de-la-xarxa-topografica-municipal>.

Els treballs topogràfics constaran dels següents procediments:

1. Establiment de xarxa de bases topogràfiques de suport a l'àmbit de treball
2. Observacions, càlculs i compensació de les poligonals/observacions.
3. Radiació dels Punts de Control (PC) topogràfics amb estació total.

Caldrà seguir les especificacions tècniques definides en els apartats següents d'aquest plec.

4.4.2. Radiació de punts de control topogràfics

A partir de la XTM es realitzarà una xarxa de suport des de la qual es donarà coordenades als punts de control.

La xarxa de suport tindrà la densitat de vèrtexs suficient per a cobrir la totalitat de l'element. Els PC seran físics (dianes,...) i s'ubicaran sobre l'element. En cas que calgui usar com a punts de controls detalls del propi element a capturar caldrà el vistiplau del departament de Topografia i Geomàtica i es documentaran mitjançant croquis i ressenyes per tal que siguin fàcilment identificables i/o reutilitzables.

La precisió de l'observació topogràfica serà, en coordenades absolutes:

- Aixecament fotogramètric per al manteniment de la base topogràfica oficial a escala 1:1.000:
Millor de 5cm en XY i també en l'altimetria. S'utilitzarà la regla Bessel per minimitzar els errors sistemàtics, accidentals i els produïts per les condicions meteorològiques. El registre de les observacions es realitzarà de forma que es disposi de còpia de seguretat en cas de fallada del sistema de registre en memòria. Es podrà utilitzar el sistema GNSS RTK-VRS en aquells àmbits amb un horitzó obert (sense edificacions ni obstacles que facin ombra a l'aparell, com ara arbres, murs, etc...).
- Aixecament fotogramètric per cartografia de detall:
Millor de 3cm en XY i també en l'altimetria. S'utilitzarà la regla Bessel per minimitzar els errors sistemàtics, accidentals i els produïts per les condicions meteorològiques. El registre de les observacions es realitzarà de forma que



es disposi de còpia de seguretat en cas de fallada del sistema de registre en memòria. Es podrà utilitzar el sistema GNSS RTK-VRS en aquells àmbits amb un horitzó obert (sense edificacions ni obstacles que facin ombra a l'aparell, com ara arbres, murs, etc...) sempre i quan es comprovi prenent lectura a l'inici i al final de la sessió sobre dos vèrtexs propers de la XTM. En cas de no haver-n'hi, caldrà materialitzar dos claus tipus spit o similar i s'observaran també en post-procés segons les prescripcions que defineix el *Procediment per a establir coordenades oficial en l'SPGIC* per poder comparar les coordenades.

Si les lectures de comprovació excedeixen els 3cm en planta i/o en cota, caldrà repetir l'aixecament fins obtenir la precisió requerida.

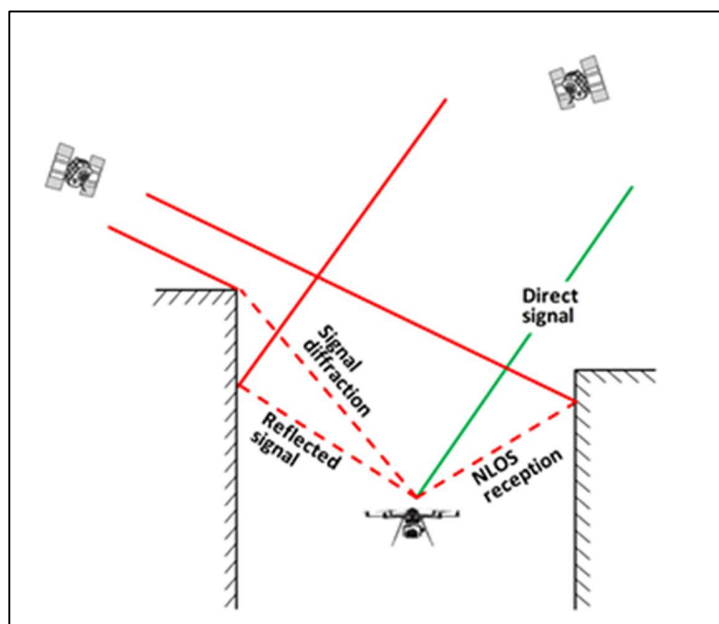
- Aixecament fotogramètric de documentació patrimonial:

Millor de 5mm en XY i també millor a 5mm per l'altimetria. S'utilitzarà la regla Bessel per minimitzar els errors sistemàtics, accidentals i els produïts per les condicions meteorològiques. El registre de les observacions es realitzarà de forma que es disposi de còpia de seguretat en cas de fallada del sistema de registre en memòria. **No s'admetrà l'ús de tècniques GNSS perquè no garanteix poder assolir el nivell de precisió requerit.**

En el supòsit que el VANT disposi de sistema de navegació RTK, ja sigui integrat o amb base RTK externa, en cap cas es podrà utilitzar aquest sistema com a element per georreferenciar el treball. L'ús del sistema RTK quedarà limitat a poder volar l'aparell de manera autònoma segons els paràmetres de vol definits i facilitar el procediment d'orientació interna de les imatges. Caldrà seguir sempre el procediment descrit en l'apartat 5.4. L'incompliment d'aquest apartat suposarà el retorn de les dades a l'adjudicatari per tal que es faci l'orientació correcta del model segons els paràmetres descrits. Aquest criteri queda motivat en els resultats mostrats per Treccani et al. (2024) i altra literatura científica actual (consultable a la Bibliografia).



Plec tècnic per realitzar aixecaments georeferenciats amb tècniques fotogramètriques i/o lasergramètriques mitjançant Vehicles Aeri No Tripulats (VANT)



Imatge 1. Efectes de les senyals GNSS en entorns urbans.

Zimmermann, F., Eling, C., Klingbeil, L., & Kuhlmann, H. (2017). Precise positioning of UAVs—Dealing with challenging RTK-GPS measurement conditions during automated UAV flights. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, IV-2/W3, 95–102. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-W3-95-2017>

Cada punt de control s'observarà des de 2 bases de la xarxa de suport **com a mínim**.

Es ressenyaran totes les bases utilitzades per a la xarxa de suport a partir del model indicat al "Plec d'especificacions tècniques per a l'establiment de la Xarxa Topogràfica Municipal".

Es ressenyaran tots els punts de control usats en fitxes individualitzades, inclosos aquells que siguin detalls propis de l'element a capturar, de manera que siguin fàcilment i inequívocament identificables.

4.4.3. Ubicació i àrea del vol

L'àrea de vol comprendrà la totalitat de l'àmbit del projecte. Per assegurar que l'àrea de treball queda completament coberta, l'eix de vol en les zones perimetrals haurà de coincidir amb el límit exterior de l'àmbit de treball.

El vol es realitzarà en una franja horària o en unes condicions meteorològiques tals que la diferència d'il·luminació entre les àrees clares i les zones d'ombra siguin mínimes, obtenint així un producte amb una lluminositat el més homogènia possible. No s'acceptaran imatges amb un excés o defecte d'il·luminació.



No es podrà volar els dies amb vent per evitar que la incidència sobre l'aeronau la desviï de la ruta planificada o bé la captura de les imatges quedi rotada respecte els eixos del VANT, afectant així a l'escala de la captura de la imatge.

Tampoc es podrà realitzar el vol amb pluja, doncs la presència d'aigua pot modificar l'espectre lumínic o amagar elements d'interès.

És responsabilitat de l'adjudicatari trobar una finestra climatològica adequada.

En cas que el dia previst per volar les condicions meteorològiques no siguin les adients, caldrà el vistiplau del Departament de Topografia i Geomàtica per poder efectuar el vol. En cas de no ser autoritzat, es posposarà sense que això doni peu a reclamació econòmica per part de l'adjudicatari.

4.4.4. Paràmetres de vol i dels fotogrames

L'alçada de vol respecte el terreny es determinarà a partir dels paràmetres següents:

- Resolució horitzontal del sensor de la càmera del VANT
- Mida horitzontal en mm del sensor de la càmera del VANT
- Distància focal teòrica de la càmera del VANT en el moment de la captura de les imatges
- Resolució desitjada.

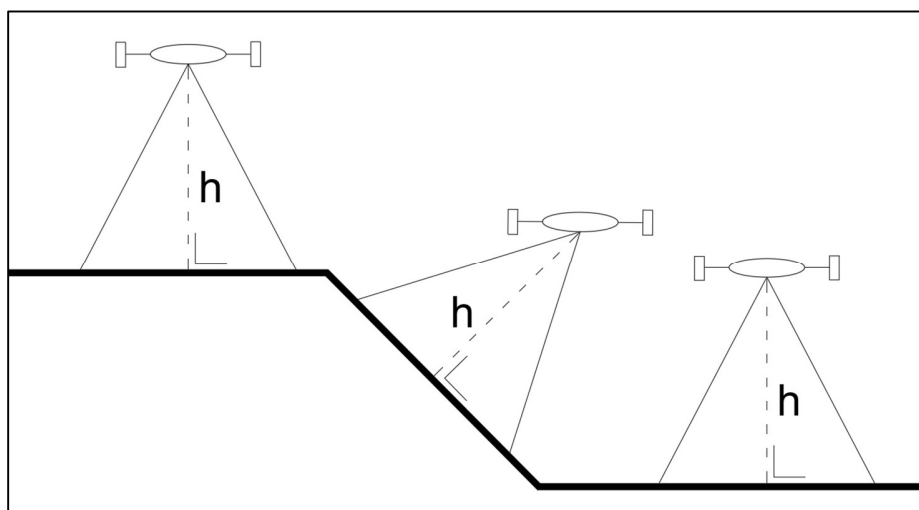
Amb aquestes dades es podrà calcular l'alçada del vol (H) i el desplaçament entre imatges per assegurar el bon recobriment longitudinal i transversal.

Per tal d'assegurar que no es produeixen canvis en l'escala de captura de la imatge, i per tant en la mida del píxel, caldrà que tota les fotografies es capturin a la mateixa alçada respecte el terreny o element a capturar.

Per altra banda, la càmera del VANT haurà d'estar en posició perpendicular al pla del terreny o de l'element per assegurar que l'escala de captura de la imatge es manté invariable.



Plec tècnic per realitzar aixecaments georreferenciats amb tècniques fotogramètriques i/o lasergramètriques mitjançant Vehicles Aeri No Tripulats (VANT)



Imatge 2. Exemple de plans de captura perpendiculars al terreny.

Font: Elaboració pròpia

Només es permetran imatges obliqües al terreny per complementar la captura principal i millorar el solapament en aquelles zones on els plans del terreny o de l'element canviïn de direcció.

El producte final en cap cas podrà tenir una resolució millor que la de la captura fotogràfica, i per tant, caldrà tenir-ho present per definir el GSD.

En aquells àmbits on no es pugui mantenir la distància planificada de vol respecte l'objecte o al terreny per la presència d'obstacles o qualsevol altre element, s'haurà de reduir la distància per tal que el GSD final compleixi amb els requisits de precisió establerts. En cas que no sigui possible apropar-se, es comunicarà al Departament de Topografia i Geomàtica per valorar possibles alternatives.

Tant el recobriment longitudinal com el transversal tindran un solapament del 80%.

La velocitat del vol serà l'adequada per tal d'evitar que les imatges quedin borroses.

L'aeronau disposarà de sistema de navegació per satèl·lit RTK incorporat per poder seguir una ruta programada segons els criteris de mida de píxel, alçada de vol, solapament i velocitat definits anteriorment. Només s'acceptaran vols en manual amb el vistiplau del Departament de Topografia i Geomàtica. Per fer-ho caldrà presentar un document motivat exposant les raons per les quals no es pot volar de manera autònoma i els criteris de vol que es seguiran en manual. Aquest criteri queda sense efecte en el cas de projectes en recintes interiors.

Cal tenir present que en entorns urbans, la precisió dels sistemes de navegació per satèl·lit (GNSS) és menor que en entorns oberts, podent arribar a ser pràcticament



nul·la en alguns casos. Per aquest motiu, el VANT ha de disposar de sistemes de geoconsciència per evitar obstacles i col·lisions.

4.4.5. Permisos de vol

És obligació de l'adjudicatari disposar de tots els certificats, autoritzacions, permisos i documentació exigits per la normativa vigent per operar un VANT i per volar dins l'espai aeri objecte del contracte. Així mateix, l'adjudicatari haurà de sol·licitar i obtenir, al seu càrrec, tots els permisos que siguin necessaris i efectuar totes les comunicacions i notificacions preceptives per poder executar l'encàrrec. Si l'Ajuntament de Tarragona constata en qualsevol fase que l'adjudicatari no compleix algun d'aquests requisits, podrà resoldre l'encàrrec per incompliment, sense dret a cap compensació econòmica, i ho posarà en coneixement de les autoritats competents.

4.4.6. Presa de fotografies

Es planificarà l'àmbit a aixecar seguint el criteri de passades amb recobriments del 80% tant longitudinals com transversals. Les fotografies es prendran en direcció perpendicular al pla de l'element a documentar i es complementarà amb captures obliqües en els canvis de pla. Caldrà lliurar una representació del pla de presa de fotografies.

La càmera haurà de ser calibrada per a poder corregir la distorsió i amb focal fixa. La resolució mínima dels fotogrames ha de ser de 10 Mp.

Les fotografies es capturaran en òptimes condicions de llum i s'emmagatzemaran en format brut (RAW). Posteriorment es realitzaran les correccions radiomètriques pertinents per igualar-les. No s'admetran fotografies amb excés de llum (cremades) ni massa fosques o borroses.

Pel que fa a la distribució dels punts de control caldrà ajustar-se l'especificat en l'apartat anterior 4.4.2. La densitat de PC serà tal que en les passades longitudinals i transversals es podrà identificar 1 PC per cada 5 imatges i es complementarà sempre que sigui necessari per definir correctament els canvis de pla de l'objecte. Caldrà una distribució homogènia dels PC en tot el model.

Cal tenir present la mida del GSD per poder identificar a posteriori el PC en les imatges.

4.5. FOTOGRAMETRIA

Als treballs de camp se'ls aplicarà un preprocessament o anàlisi amb l'objectiu de validar les dades obtingudes en cada una de les àrees d'estudi i, si cal, realitzar



aixecaments addicionals si hi ha carència d'informació, errors o inconsistències, per tal de corregir les deficiències detectades.

4.5.1. Orientació del model

Per tal d'orientar el model fotogramètric, es detectaran tots els PC, bases de suport i vèrtexs de la XTM que siguin visibles en les fotografies i s'assignarà les coordenades calculades en el 75% dels punts repartits de manera homogènia. El 25% restant es deixaran per utilitzar com a control de la precisió (PCQ) del model comparant a posteriori les coordenades obtingudes en el model respecte les calculades a partir dels treballs topogràfics. En el cas que la diferència de les coordenades dels PCQ excedeixi la desviació típica de les coordenades calculades en l'ajust topogràfic, caldrà, actuar per aquest ordre fins que la diferència sigui inferior a la desviació típica:

1. Refinar els marcadors de tots els PC per millorar l'ajust del model
2. Eliminar els parells de punts homòlegs amb l'error més elevat
3. Eliminar els PC amb un error en píxel o de reprojecció més elevat i recalculer l'ajust del model
4. En el supòsit que calgui eliminar més del 25% de PC del total del model, es procedirà a desactivar les imatges amb un error de reprojecció més elevat. Caldrà assegurar que hi ha suficients imatges per poder orientar el model.
5. En cas que l'ajust no millori, repetir la captura fotogràfica i realitzar el procés complet de nou.

En aquells programaris que permetin la detecció automàtica de dianes s'utilitzarà l'opció i es refinaran de manera manual per la resta de casos.

S'optimitzaran les posicions de les càmeres i es reduiran els errors fins obtenir un ajust amb precisió millor de 0,5 píxels. S'estimarà la covariància dels punts de pas per avaluar la qualitat de l'orientació interna del model.

Tots els càlculs es realitzaran segons la tolerància sol·licitada i considerant una elevada redundància de dades que millori la precisió final.

4.5.2. Càlcul del Model 3D

Caldrà construir la malla del model 3D el més optimitzat possible usant totes les eines que permeti el programari (màscara, filtres ...) i posteriorment aplicar una neteja de la malla. S'eliminaran tots aquells elements que no formin part de l'element a modelar, com ara vehicles, persones, vegetació, punts escapats, etc. i es tapanaran els forats que puguin deixar a la malla amb una trama gris.

Posteriorment es construirà la textura i el mapa de normals.



4.5.3. Obtenció de les ortofotografies

Es generaran les ortofotografies a alta resolució de planta dels tots els plànols de l'element objecte de l'estudi. Les imatges seran corregides radiomètricament amb la mida del píxel de:

- 1 mm o menys per documentació d'elements patrimonials
- 4cm o menys per aixecaments fotogramètrics de cartografia de detall
- 10cm o menys per aixecaments fotogramètrics de cartografia a escala 1:500

Les ortofotografies en planta estaran georreferenciades en el sistema de referència oficial.

Pel cas d'elements patrimonials es generaran ortomosaics amb una mida de píxel d'1mm o menys dels diferents alçats i seccions que siguin convenients per la seva correcta documentació. Caldrà lliurar una planta georreferenciada en el sistema de referència oficial amb la ubicació inequívoca de les seccions i alçats generats.

En aquells casos que a l'ortomosaic hi aparegui representat algun element mòbil, com ara vehicles, ocells, etc., sempre que es pugui es substituirà la imatge utilitzada per crear la textura, priorititzant la qualitat d'imatge.

4.5.4. Generació de núvol de punts

Es generarà un núvol de punts del model de densitat 1mm (1 punt cada 1mm) a partir del model tridimensional generat en el punt **5.5.2.** i també se'n farà una còpia amb una reducció a 5mm de densitat.

Els núvols de punts es depuraran per eliminar tots aquells elements que no formin part del model, com ara persones, vehicles, animals, vegetació, etc.

4.6. LASERGRAMETRIA (LIDAR)

Els treballs d'escaneig làser 3D pròpiament dit, consistiran en determinar la posició del núvol de punts dels elements que es volen representar. Només es capturaran amb aquesta metodologia elements creats per l'ésser humà o d'origen petri o mineral. La captura en àmbits amb cobertura vegetal queda únicament circumscrit a estudis relacionats amb vegetació, no per modelitzar el terreny o elements patrimonials. Això es fonamenta en treballs acadèmics com els realitzats per Estornell, J. et al. (2011) en boscos mediterranis com els del nostre entorn, els quals obtenen errors grollers en la determinació del terreny en presència de vegetació o en els que es generen grans forats sense informació perquè no es pot captar el terreny a causa de la densitat de la massa forestal. Altra literatura científica, com Fu L et al. (2025) determina que la combinació de pendents i vegetació és crítica per determinar el relleu amb precisió.



Els paràmetres de vol seran els mateixos que els descrits en l'apartat 5.4.3.

L'alçada de vol quedarà condicionada a poder capturar les dades amb una resolució d'1 punt per mil·límetre. Es faran passades en diferents direccions per minimitzar les zones cegues.

El núvol de punts enregistrarà el color vertader de l'objecte. Les zones de condició adversa amb vibracions, vapor i altres caldrà tenir-les present i escanejar-les en moments d'òptimes condicions. Les superfícies molt fosques (negres), que absorbeixen la major part de l'espectre lumínic, caldrà tenir-les previstes i augmentar la densitat de punts, si cal.

4.6.1. Processament de les dades

Als treballs de camp se'ls aplicarà un preprocessament o anàlisi amb l'objectiu de validar les dades obtingudes en cada una de les àrees d'estudi i, si cal, realitzar aixecaments addicionals si hi ha carència d'informació, errors o inconsistències, per tal de corregir les deficiències detectades.

4.6.2. Elaboració del núvol de punts

Es generarà el núvol de punts unificat mitjançant processos d'orientació ajustats per mínims quadrats. El núvol es refinarà mitjançant algoritmes d'alineament progressiu de múltiples núvols de punts, o similars. Aquests procediments seran descrits a la memòria.

- El núvol de punts finals, s'eliminaran aquells elements que no siguin propis de la zona a documentar, els que siguin redundants o no tinguin interès: persones, vehicles, animals, plantes i/o les ombres d'aquests elements.
- Es farà un anàlisi de la bondat de l'ajust del model estocàstic i test de control de qualitat per mostreig aleatori d'entitats recognoscibles sobre la totalitat del model.
- Es farà una neteja, depuració i partició del model unificat de núvol de punts en lots de memòria manejables per ordinador en condicions òptimes.

4.6.3. Orientació del model

Per tal d'orientar el núvol de punts, es detectaran tots els PC, bases de suport i vèrtexs de la XTM que siguin visibles en el model tridimensional i s'assignarà les coordenades calculades en el 75% dels punts repartits de manera homogènia. El 25% restant es deixaran per utilitzar com a control de la precisió del model



comparant a posteriori les coordenades obtingudes en el model respecte les calculades a partir dels treballs topogràfics.

Es realitzarà la transformació Helmert 3D de 7 paràmetres per obtenir el núvol de punts en el sistema de referència cartogràfic oficial. Tots els càlculs es realitzaran segons la tolerància sol·licitada i considerant una elevada redundància de dades que millori la precisió final. Es documentaran els càlculs i resultats obtinguts.

4.6.4. Generació de núvol de punts

Es generarà un núvol de punts complet del model de densitat 1mm (1 punt cada 1mm) a partir del model tridimensional generat en el punt **5.6.2**. Aquest núvol de punts s'haurà de classificar segons els grups definits per l'Institut Geogràfic Nacional (IGN) en el document [240314-LID3-SPC-LID-00122-IGN Ed 2.0 Esp. Tec.NP - copia.xls](#) i que es resumeixen a continuació:

CLASSE	DESCRIPCIÓ	OBSERVACIONS
1	Sense classificar	
2	Terreny	
3	Vegetació baixa	<1m
4	Vegetació mitjana	>1m i <3m
5	Vegetació alta	>3m
6	Construccions	
7	Soroll	
8	Punts de modelatge	Complementen la classe 2 "terreny"
9	Aigua	Només si hi ha rebot de la senyal
10	Ferrocarril	
11	Carreteres	Inclou vies urbanes
12	Solapament	
14	Línies de transmissió aèries	Electricitat, telecomunicacions, etc.
15	Torre elèctrica	
17	Ponts	només el taulell, la resta d'elements a la classe 6
64	Vehicles	
65	Murs	Complementa la classe 6



Plec tècnic per realitzar aixecaments georeferenciats amb tècniques fotogramètriques i/o lasergramètriques mitjançant Vehicles Aeris No Tripulats (VANT)

66	Senyalització vertical
67	Panells solars

Segons l'objecte de l'encàrrec, es generarà un nou núvol de punts a 1mm de resolució extraient els elements que no interessin:

CAS	CLASSES A MANTENIR
DOCUMENTACIÓ PATRIMONIAL	1, 2, 6, 8, 12, 65
CARTOGRAFIA DE DETALL	1, 2, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 17, 65, 66, 67
CARTOGRAFIA A ESCALA 1:500	1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, 15, 17, 65

4.6.5. Generació del Model Digital d'Elevacions (MDE)

Amb aquests últims núvols de punts per cartografia, es crearà un MDE. Es construirà la malla del model 3D el més optimitzat possible usant totes les eines que permeti el programari (classificació de punts, màscares, filtres ...) i posteriorment s'aplicarà una neteja de la malla per reduir el nombre de vèrtexs allà on sigui possible.

Es taparan els forats que puguin deixar a la malla. En el cas que els forats resultants no permetin definir l'orografia del terreny o de l'element a aixecar amb la precisió requerida, caldrà reomplir-los mitjançant operacions topogràfiques convencionals (GPS i/o taquimetria segons l'escala de detall).

4.6.6. Model Digital del Terreny (MDT)

Amb les classes 1, 2 i 8 del núvol de punts es crearà un fitxer de Model Digital del Terreny (MDT). Aquest fitxer de superfície es simplificarà el màxim possible sense que s'alteri la topografia original. Es construirà la malla del model 3D el més optimitzat possible usant totes les eines que permeti el programari (classificació de punts, màscares, filtres ...) i posteriorment s'aplicarà una neteja de la malla per reduir el nombre de vèrtexs allà on sigui possible.

Es taparan els forats que puguin deixar a la malla. En el cas que els forats resultants no permetin definir l'orografia del terreny amb la precisió requerida, caldrà reomplir-los mitjançant operacions topogràfiques convencionals (GPS i/o taquimetria segons l'escala de detall).

4.7. RESULTATS



Plec tècnic per realitzar aixecaments georreferenciats amb tècniques fotogramètriques i/o lasergramètriques mitjançant Vehicles Aeris No Tripulats (VANT)

El treballs anteriors donaran com a resultats els següents, que s'usaran per a produir els productes finals:

- Núvol de punts
- Model digital 3D amb color
- Model Digital del Terreny (MDT)
- Model Digital d'Elevacions (MDE)
- Vectorització de l'element segons Annex 2
- Ortofotografies

4.8. MEMÒRIA D'EXECUCIÓ

Un cop acabats els treballs serà obligatori elaborar una memòria tècnica on hi apareguin els següents apartats:

1. Introducció
2. Objectius
3. Metodologia
4. Resultats
5. Bibliografia
6. Annexos

Totes les figures, taules i gràfics aniran numerats, amb la font corresponent i indexats. Els plànols o mapes que acompanyin el cos del text inclouran l'escala gràfica, com a mínim.

Els plànols que s'annexin a la memòria inclouran com a mínim caràtula, llegenda, nord, malla de creus i coordenades, data i font.

Tota la documentació es lliurarà en digital en els formats que s'indiquen a l'apartat 4.9.1.

4.8.1. Introducció

En aquest apartat es descriurà el marc geogràfic de la zona, el marc de referència, i es poden descriure antecedents, estudis previs, etc.

4.8.2. Objectius

Caldrà descriure els objectius del treball a partir de la planificació dels treballs validats prèviament.



Plec tècnic per realitzar aixecaments georeferenciats amb tècniques fotogramètriques i/o lasergramètriques mitjançant Vehícles Aeri No Tripulats (VANT)

4.8.3. Descripció de la metodologia

Es descriurà tant la metodologia dels treballs de camp com la del postprocés de dades.

En la metodologia dels treballs de camp caldrà indicar si hi ha hagut modificacions respecte a la planificació prèvia i justificar aquests canvis.

En la metodologia del postprocés caldrà descriure els algorismes usats, els procediments de neteja i filtrat de punts, etc.

4.8.4. Descripció dels resultats

Caldrà lliurar amb els resultats tots els paràmetres de precisió i qualitat de tots els càlculs, inclòs el del model fotogramètric i el model tridimensional.

4.8.5. Bibliografia

Caldrà indicar la bibliografia que fonamenti els criteris definitoris de la metodologia del treball i qualsevol altra bibliografia complementària.

4.8.6. Annexos

En aquest apartat cal incloure la documentació tècnica dels instruments, certificats de calibratge, ressenyes, etc.

4.9. DOCUMENTACIÓ I VALIDACIÓ DELS TREBALLS

Els treballs hauran de donar com a resultat els indicats a l'apartat 4.7 en els formats que s'indica a l'apartat 4.9.1

Els treballs topogràfics, fotogramètrics i/o de lasergrametria hauran d'estar visats pel *col·legi oficial d'Enginyers en Geomàtica i Topografia*. Per tal d'obtenir la validació final de tots aquests treballs definits en el present plec, serà indispensable el vistiplau del departament de Geomàtica i Topografia.

En cas de que aquests documents no superin el control de qualitat, seran retornats al adjudicatari per a la seva modificació.

4.9.1. DOCUMENTACIÓ I FORMATS

La documentació de l'aixecament es lliurarà en els formats següents:

Memòria	Format *.doc (*.docx) i *.pdf
Núvol de Punts	Formats *.las, i *.e57.
Model digital 3D	Formats *.obj amb mapa de textures i *.pdf 3D



Plec tècnic per realitzar aixecaments georeferenciats amb tècniques fotogramètriques i/o lasergramètriques mitjançant Vehicles Aeris No Tripulats (VANT)

MDT i MDE	Fitxer .shp
Panorames	Fotogrames en format *.jpg, *.png i *.tiff provinents de l'escanejat làser en el mateix format (i edició, si n'hi ha hagut) que s'hagin usat en el programari per a generar el treballs. S'inclourà a més un llistat amb els fotocentres de cada un d'ells i els angles de rotació per poder-los ubicar correctament en l'espai.
Fotografies	Fotografies en el mateix format (i edició, si n'hi ha hagut) que s'hagin usat en el programari per a generar el treballs.
Ortofotografies	<ul style="list-style-type: none">• Plantes i/o alçats en format *.tiff versió 6.0 mínim amb compressió LZW sense pèrdua i també en format *.jpg sense compressió de cada tram de façana. Si la imatge resulta massa gran es podrà dividir segons criteri dels tècnics municipals.• Format *.jpg de la planta en continu a baixa resolució.• Plantes georeferenciades en els mateixos formats que els alçats i també en format Geotiff• Format *.pdf
Plànols	<ul style="list-style-type: none">• Plànols en planta en format *.dwg i *.pdf• Seccions en format *.dwg i *.pdf• Plànols d'alçat en format *.dwg i *.pdf• Tots els fitxers *.dwg seran depurats de dades innecessàries, capes buides, etc.
Projecte	Es lliurarà el fitxer o fitxers en el format nadiu del software que s'hagi utilitzat per al projecte.

Totes les dades tindran un nom i una descripció acord al tipus de fitxers i s'anomenaran i numeraran seguint el criteri següent:

- Totes les dades portaran l'etiqueta CARTO o LIDAR a l'inici del nom de l'arxiu segons l'objecte de l'encàrrec.
- A continuació s'indicarà l'etiqueta de l'àmbit de l'encàrrec.
- Finalment s'indicarà el tipus de dades mitjançant una etiqueta: SECCIO, ALÇAT, MODEL_3D, NUVOL_PUNTS, PANORAMA, PLANTA, UBICACIO, MAPA, ORTOIMATGE, MDT, MDE
- Els espais entre paraules s'ompliran amb un guió baix.

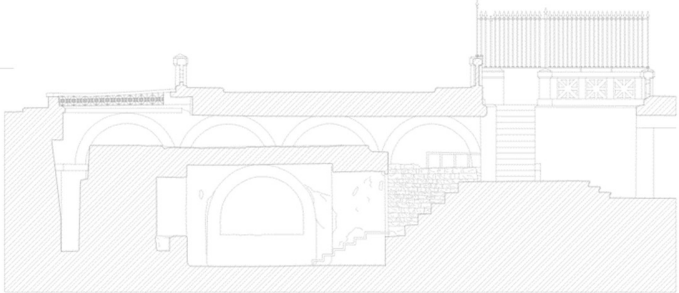
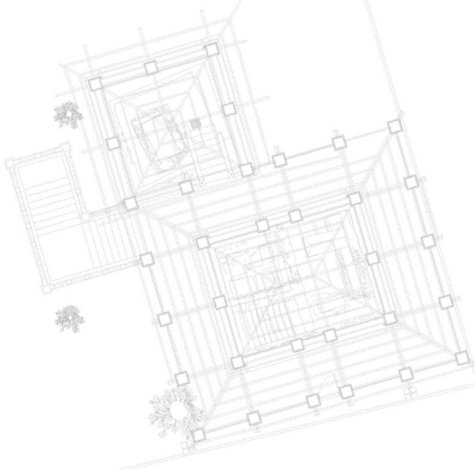
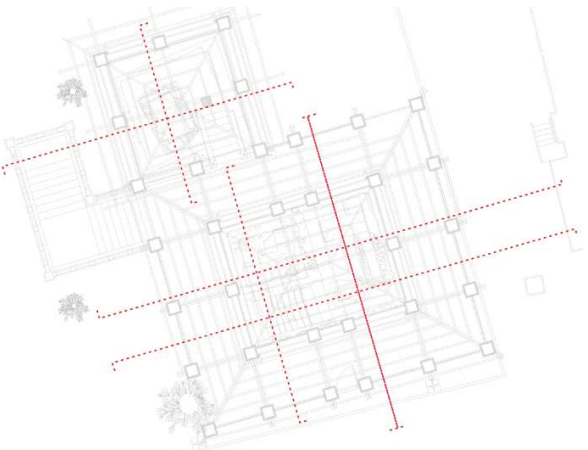


Plec tècnic per realitzar aixecaments georeferenciats amb tècniques fotogramètriques i/o lasergràmiques mitjançant Vehicles Aeri No Tripulats (VANT)

En cas d'haver de presentar diversos fitxers del mateix tipus de dades, es numeraran amb un criteri correlatiu i coherent.

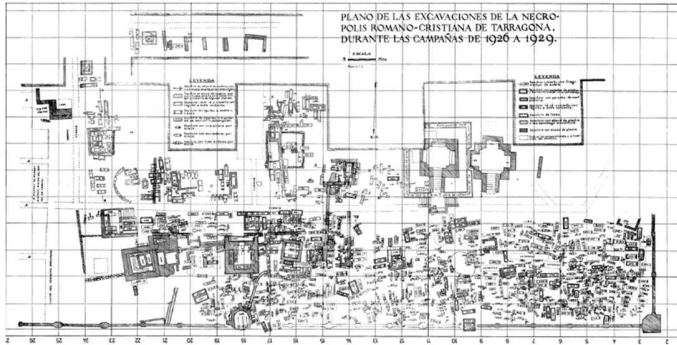
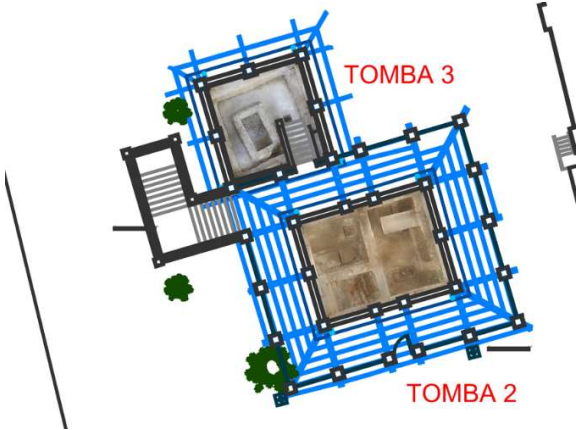


A mode d'exemple, un núvol de punts en format .las tindria el nom:
MEDI_AMBIENT_LIDAR_FRANCOLI_NUVOL_PUNTS_1.las

La tipologia de dades es defineixen a continuació:

<p>Dades vectorials <i>ALÇAT</i></p>	
<p>Dades vectorials <i>PLANTA</i></p>	
<p>Dades vectorials <i>UBICACIO</i></p>	

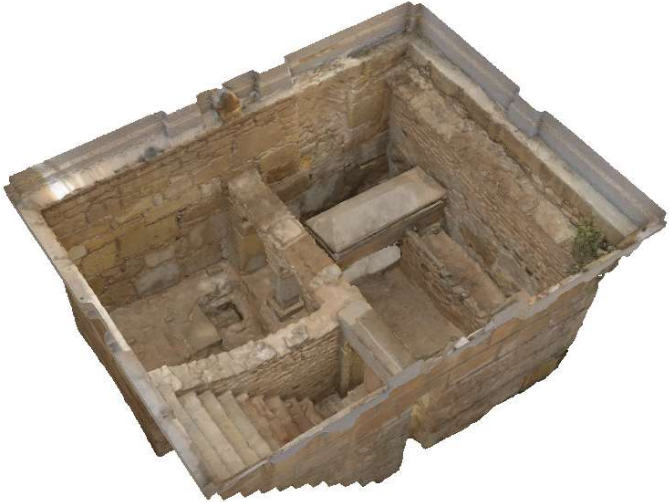
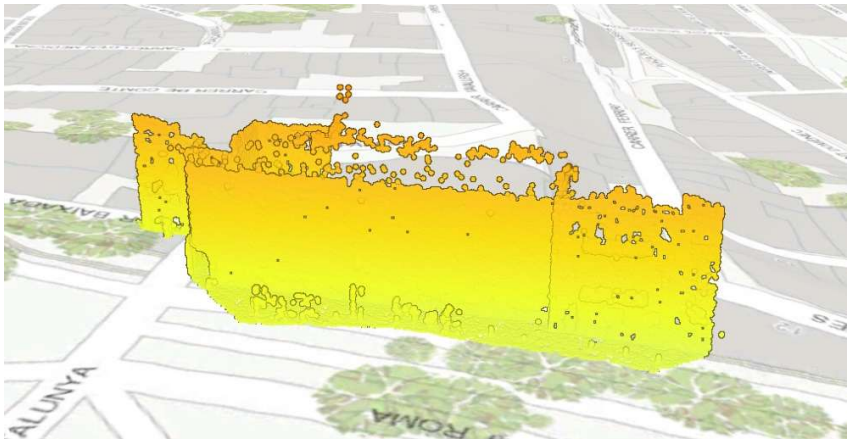


Plec tècnic per realitzar aixecaments georeferenciats amb tècniques fotogramètriques i/o lasergramètriques mitjançant Vehicles Aeris No Tripulats (VANT)

<p>Dades ràster: <i>MAPA</i></p>	
<p>Dades ràster: <i>ORTOIMATGE (PLANTA)</i></p>	
<p>Dades ràster: <i>ORTOIMATGE (ALÇAT)</i></p>	
<p>Dades ràster: <i>PANORAMA</i></p>	



Plec tècnic per realitzar aixecaments georreferenciats amb tècniques fotogramètriques i/o lasergramètriques mitjançant Vehicles Aeris No Tripulats (VANT)

<p>Models 3D: <i>MODEL_3D</i></p>	
<p>Núvols de punts: <i>NUVOL_PUNTS</i></p>	

5. PROPIETAT INTELLECTUAL

El contracte d'assistència tècnica per aquesta tipologia de treballs, es regeix per la legislació sectorial respecte la propietat, ús i explotació de dades.

En qualsevol cas, **tots els drets de propietat intel·lectual són propietat exclusiva de l'Ajuntament, tret de l'autoria i així es farà constar a la proposta de resolució del contracte.**

Tot i així, i en el cas que l'Ajuntament de Tarragona cregui necessària la divulgació i/o publicació dels resultats o algun aspecte de la intervenció, **es notificarà als interessats i sempre es donarà la procedència i autoria dels treballs. En el cas de la publicació científica de l'actuació es procedirà d'acord amb l'empresa adjudicatària i el director de la intervenció.**



Plec tècnic per realitzar aixecaments georreferenciats amb tècniques fotogramètriques i/o lasergramètriques mitjançant Vehícles Aeris No Tripulats (VANT)

En el cas que l'empresa o professional adjudicatari vulgui publicar totalment o parcial algun dels productes o subproductes elaborats, caldrà la corresponent autorització escrita de l'Ajuntament de Tarragona i sempre s'hauran de fer constar les dades del promotor. També haurà de lliurar 1 exemplar de la publicació en format digital/USB.

L'ajuntament es reserva el dret que en aquestes publicacions hi participin els tècnics municipals que consideri.



6. ANNEX 1: ELEMENTS A VECTORITZAR

6.1. OBJECTIU

Aquest annex descriu els elements a recollir de forma vectorial a partir del núvol de punts net, ortomosaics i models 3D en coordenades oficials.

6.2. DADES A RECOLLIR

6.2.1. REPRESENTACIÓ

La representació dels elements està lligada a un concepte, que és la component descriptiva de l'element topogràfic, i a una representació geomètrica, que és la component espacial de l'element. Cada concepte porta associada una representació geomètrica.

- **Punt:** Terna de coordenades que defineix una posició de l'espai en 3 dimensions. A més de les coordenades, els elements puntuals poden requerir orientació o bé orientació i escala. El punt pot portar associat un codi representatiu de l'element capturat.
- **Polilínia:** Sèrie de dos o més vèrtexs, definits per 3 coordenades, lligats seqüencialment. Cada vèrtex marca l'inici o el final d'una línia o bé és el punt d'intersecció entre dos segments consecutius dels que formen la línia. S'usa per descriure geomètricament els conceptes que es perceben com una línia o com un límit de polígon. Pot dur orientació.
- **Polígon:** Àrea delimitada totalment per una línia o un conjunt de línies, que poden indicar que l'àrea delimitada està inclosa al polígon –contorn exterior- o exclosa del polígon –contorns interiors. S'usa per a descriure geomètricament els fenòmens topogràfics que es perceben com una àrea.

La representació dels elements serà descrit en l'apartat de metodologia de la memòria a lliurar, indicant les característiques gràfiques de cada element: capa, color, gruix, etc.

6.2.2. CONSISTÈNCIA TOPOLÒGICA

Les diferents parts en què quedi subdividit un element han de començar i acabar en vèrtexs amb les mateixes coordenades que els vèrtexs extrems del fragment anterior i posterior.

Un vèrtex extrem d'un element que connecta amb un altre ha d'ésser situat exactament sobre un extrem del segon element, o a una distància inferior a 1 mil·límetre sobre el terreny d'un segment delimitat per dos vèrtexs del segon element.



Plec tècnic per realitzar aixecaments georreferenciats amb tècniques fotogramètriques i/o lasergramètriques mitjançant Vehicles Aeris No Tripulats (VANT)

6.2.3. REPRESENTACIÓ DE L'ELEMENT

CAS 1: ELEMENTS PATRIMONIALS

La representació vectorial haurà de seguir els següents criteris generals:

La representació a obtenir serà definir les línies generals que defineixen els diferents elements que la componen.

Caldrà recollir tots aquells elements d'interès per l'objecte de l'encàrrec i sempre que es trobin presents els següents elements:

- canvis de material
- escales i nivells
- canalitzacions i elements moderns
- morfologia del terreny
- tots aquells elements que indiquin els tècnics municipals

Cada element es recollirà en una capa o nivell independent.

Els elements no procedents i que no es puguin eliminar del núvol de punts o de les imatges es representaran en una capa apart amb una trama diferent per indicar que no pertanyen a l'objecte d'estudi.

CAS 2: CARTOGRAFIA TOPOGRÀFICA A ESCALA 1:500

Es delinearàn tots els elements descrits en el [Plec d'especificacions tècniques d'obra acabada per al manteniment de la cartografia municipal topogràfica 3D oficial](#) disponible a la web municipal.

CAS 3: CARTOGRAFIA DE DETALL 1:200

Es delinearàn tots els elements descrits en el [Plec tècnic per l'elaboració d'aixecaments topogràfics de detall](#) disponible a la web municipal.

7. FAQ'S

1. Quin és l'objectiu d'aquest document?

Establir les condicions tècniques i metodològiques per fer aixecaments amb fotogrametria i/o lasergrametria amb VANT i obtenir documentació gràfica amb qualitat mètrica.

2. Quins tipus de treballs regula?

Regula treballs amb VANT per a:

- cartografia topogràfica



Plec tècnic per realitzar aixecaments georreferenciats amb tècniques fotogramètriques i/o lasergramètriques mitjançant Vehicles Aeris No Tripulats (VANT)

- cartografia de detall
- documentació d'elements patrimonials
- modelatge 3D
- núvols de punts
- ortofotografies
- productes derivats.

3. Què s'ha de presentar abans de començar els treballs?

Cal presentar una proposta metodològica amb:

- els equips de treball
- programari a utilitzar
- estudi de precisions
- pla de presa de dades
- cronograma
- relació d'empreses i perfils professionals

4. Qui ha de validar la planificació prèvia?

La planificació s'ha de validar pel Departament de Topografia i Geomàtica de l'Ajuntament abans d'iniciar els treballs.

5. Quins requisits de precisió s'exigeixen?

Les precisions varien segons el producte amb resolucions i toleràncies específiques per a cada cas.

- cartografia a escala 1:500
- cartografia de detall 1:200
- documentació patrimonial

6. Com s'han de georreferenciar els treballs?

Els treballs s'han de recolzar en el sistema de referència oficial i, al terme municipal de Tarragona, en la Xarxa Topogràfica Municipal (XTM). Els punts de control s'han d'obtenir amb metodologia topogràfica adequada.

7. Es pot utilitzar l'RTK del dron com a sistema de georeferenciació?

No. L'RTK del VANT només es pot utilitzar com a suport a la navegació i a l'orientació interna de les imatges, però no com a base única de georeferenciació del treball.

8. Quines condicions de vol i captura s'han de complir?



Plec tècnic per realitzar aixecaments georreferenciats amb tècniques fotogramètriques i/o lasergramètriques mitjançant Vehicles Aeris No Tripulats (VANT)

Cal definir l'alçada de vol segons el GSD requerit, mantenir recobriments longitudinals i transversals del 80%, evitar condicions meteorològiques adverses i assegurar una il·luminació homogènia i una captura nítida.

9. Quins resultats mínims s'han de lliurar?

Segons l'encàrrec, s'han de lliurar, en els formats especificats al document:

- núvols de punts
- models 3D
- ortofotografies
- MDT
- MDE
- vectoritzacions
- plànols
- memòria tècnica d'execució

10. Qui valida els treballs finals?

La validació final correspon al Departament de Geomàtica i Topografia, i els treballs han d'haver superat el control de qualitat i disposar del visat del Col·legi d'Enginyers en Topografia i Geomàtica.



8. BIBLIOGRAFIA

Cuesta, J., Chazette, P., Allouis, T., Flamant, P. H., Durrieu, S., Sanak, J., Genau, P., Guyon, D., Loustau, D., i Flamant, C. (2010). Observing the Forest Canopy with a New Ultra-Violet Compact Airborne Lidar. *Sensors*, 10(8), 7386-7403. <https://doi.org/10.3390/s100807386>

Estornell, J., Ruiz, L. A., Velázquez-Martí, B., i Hermosilla, T. (2011). Analysis of the factors affecting LiDAR DTM accuracy in a steep shrub area. *International Journal of Digital Earth*, 4(6), 521–538. <https://doi.org/10.1080/17538947.2010.533201>

Fu, L., Shu, Q., Yang, Z., Xia, C., Zhang, X., Zhang, Y., Li, Z., i Li, S. (2025). Accuracy assessment of topography and forest canopy height in complex terrain conditions of Southern China using ICESat-2 and GEDI data. *Frontiers in Plant Science*, 16, Article 1547688. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1547688>

Penner, M., White, J.C., i Woods, M.E., Automated characterization of forest canopy vertical layering for predicting forest inventory attributes by layer using airborne LiDAR data, *Forestry: An International Journal of Forest Research*, Volume 97, Issue 1, January 2024, Pages 59–75, <https://doi.org/10.1093/forestry/cpad033>

Simpson, J. E., Smith, T. E. L., i Wooster, M. J. (2017). Assessment of errors caused by forest vegetation structure in airborne LiDAR-derived DTMs. *Remote Sensing*, 9(11), Article 1101. <https://doi.org/10.3390/rs9111101>

Štroner, M., Urban, R., Seidl, J., Reindl, T., i Brouček, J. (2021). Photogrammetry using UAV-mounted GNSS RTK: Georeferencing strategies without GCPs. *Remote Sensing*, 13(7), Article 1336. <https://doi.org/10.3390/rs13071336>

Taddia, Y., González-García, L., Zambello, E., i Pellegrinelli, A. (2020). Quality assessment of photogrammetric models for façade and building reconstruction using DJI Phantom 4 RTK. *Remote Sensing*, 12(19), Article 3144. <https://doi.org/10.3390/rs12193144>



Plec tècnic per realitzar aixecaments georreferenciats amb tècniques fotogramètriques i/o lasergramètriques mitjançant Vehicles Aeris No Tripulats (VANT)

Treccani, D., Adami, A., i Fregonese, L. (2024). Drones and real-time kinematic base station integration for documenting inaccessible ruins: A case study approach. *Drones*, 8(6), Article 268. <https://doi.org/10.3390/drones8060268>

Venier, L. A., Swystun, T., Mazerolle, M. J., Kreuzweiser, D. P., Wainio-Keizer, K. L., McIlwrick, K. A., Woods, M. E., i Wang, X. (2019). Modelling vegetation understory cover using LiDAR metrics. *PLOS ONE*, 14(11), Article e0220096. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220096>

Zimmermann, F., Eling, C., Klingbeil, L., i Kuhlmann, H. (2017). Precise positioning of UAVs—Dealing with challenging RTK-GPS measurement conditions during automated UAV flights. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, IV-2/W3, 95–102. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-W3-95-2017>