

PLEC D'ESPECIFICACIONS TÈCNIQUES
per a l'elaboració d'ortofotos i ortofotomapes 1:5 000 v5.0



Generalitat de Catalunya
Institut Cartogràfic de Catalunya

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	3
2. MARC DE REFERÈNCIA	3
2.1 Sistema de referència	3
2.1.1 Origen de coordenades geodèsiques	3
2.2 Sistema cartogràfic de representació	3
2.3 Tall dels fulls	3
2.3.1 Nom	4
2.3.2 Identificador relatiu	4
2.3.3 Identificador absolut	4
2.4 Qualitat del producte	4
2.4.1 Exactitud posicional	4
2.4.2 Consistència lògica	4
2.4.3 Completesa	5
2.5 Material i documentació	5
3. VOL FOTOGRAMÈTRIC	5
3.1 Objecte i àmbit del projecte	5
3.2 Condicions generals	5
3.2.1 Planificació	5
3.2.2 Recobriments	5
3.2.3 Resolució espacial (Escala)	6
3.2.4 Execució	6
3.2.5 Identificació de les imatges	6
3.3 Sistemes	6
3.3.1 Sistema de navegació	6
3.3.2 Càmera digital mètrica	6
3.3.3 Sistema de recepció GPS	7
3.3.4 Sistema inercial	7
3.4 Imatges	7
3.4.1 Enregistrament	7
3.4.2 Post-procés	7
3.4.3 Qualitat de les imatges	7
3.5 Gràfic de vol	7
4. RECOLZAMENT I ORIENTACIÓ	7
4.1 Recolzament	7
4.1.1 Recolzament aeri cinemàtic	7
4.1.2 Recolzament fotogramètric	8
4.2 Orientació	8
4.2.1 Preparació i observació	8
4.2.2 Càlcul	8
4.2.3 Precisions	8
5. GENERACIÓ D'ORTOFOTOS	8
5.1 Model digital d'elevacions	9
5.1.1 Font d'informació	9
5.1.2 Generació del model digital d'elevacions	9
5.1.3 Qualitat del model d'elevacions	9
5.2 Rectificació d'imatges	9
5.3 Generació del mosaic	9
5.3.1 Equilibri radiomètric	9
5.3.2 Línies de sutura	10

5.3.3 Ortofoto	10
5.4 Millora d'imatges	10
5.4.1 Millores radiomètriques	10
5.4.2 Eliminació d'artefactes	10
5.4.3 Compleció de les ortofotos	10
5.5 Qualitat de les ortofotos	10
6. FORMACIÓ DELS ORTOFOTOMAPES	11
6.1 Xarxa geodèsica	11
6.2 Toponímia	11
6.3 Caràtula.....	11
6.3.1 Contingut.....	11
6.3.2 Distribució.....	11
ANNEX 1: Identificadors del MTN	13
ANNEX 2: Metodologia per a la correcció dels MDT per a ortofoto 1:5 000.....	14
ANNEX 3: Toponímia	15

1. INTRODUCCIÓ

Una ortofoto és un document cartogràfic que consisteix en una fotografia aèria vertical que ha estat rectificada de tal manera que es manté una escala uniforme a tota la superfície de la imatge. Constitueix una representació geomètrica a escala de la superfície terrestre. Si damunt d'ella i en els seus marges s'hi afegeix la informació necessària i complementària que ha de dur qualsevol mapa, s'anomena ortofotomapa.

L'ICC produeix des de fa molts anys diferents sèries de cartografia ortofotogràfica sobre el territori de Catalunya, la més antiga de les quals és la sèrie 1:5 000. Aquest plec d'especificacions tècniques per a l'elaboració d'ortofotos i ortofotomapes 1:5 000 fa referència a la nova versió d'aquesta sèrie. Explica el procés de realització a través de les seves diferents etapes. Per tal motiu es contemplen capítols específics dedicats a:

- El marc de referència, incloent el tall, el sistema de referència, el sistema de representació, la qualitat
- La captura primària de dades: característiques de la cobertura, d'imatges, sensors i sistemes emprats
- L'orientació: procediments i eines
- La generació d'ortofotos: models d'elevacions, processos de rectificació i mosaic
- La formació dels ortofotomapes: toponímia i caràtula

Actualment, les tècniques existents permeten obtenir un producte que compleixi les especificacions tècniques que el descriuen combinant aproximacions tecnològiques molt diferents, com sistemes GPS, sistemes inercials, aerotriangulació assistida, escàners d'alta resolució, posicionament diferencial, càmeres digitals.

La seva producció comporta, normalment, l'elaboració de productes intermedis com són la cobertura fotogràfica de la zona a representar i la generació del model d'elevacions que es poden emprar per si mateixos amb independència de les ortofotos.

En conseqüència, aquest document vol reforçar la idea de definició dels productes a realitzar i, en segon terme, descriure els diferents mètodes i tècniques de producció que permeten obtenir els productes descrits.

Des del punt de vista de l'usuari, les diferències més significatives respecte a la versió anterior (versió 4) són la correcció de les estirades juntament amb la millora radiomètrica del producte deguda a l'ús d'imatges obtingudes amb una càmera digital, a la determinació de les costures entre imatges minimitzant les diferències radiomètriques, a la compensació de la radiometria a tot el territori prenent com a referència una imatge Modis i la correcció dels efectes dels punts calents (*hot-spots*).

2. MARC DE REFERÈNCIA

2.1 Sistema de referència

El sistema de referència geodèsic és el sistema oficial vigent, anomenat ED50 (European Datum 1950), establert com a reglamentari pel Decret 2303/1970 i constituït per:

- El-lipsoide Internacional (Hayford, 1924)
- Dàtum Potsdam (Torre de Helmert)

El sistema de referència es materialitza sobre el territori amb la Xarxa Geodèsica Utilitària de Catalunya, essent l'Institut Cartogràfic de Catalunya l'organisme responsable de la seva construcció i conservació, i de determinar i distribuir les coordenades oficials dels seus vèrtexs.

2.1.1 Origen de coordenades geodèsiques

Les latituds es prenen referides a l'Equador i es consideren positives al Nord, i les longituds es prenen referides al Meridià de Greenwich i es consideren positives a l'Est. L'origen d'altituds és el nivell mitjà de la mar a Alacant

2.2 Sistema cartogràfic de representació

El sistema de representació plana és l'oficial, la projecció conforme Universal Transversa de Mercator (UTM) establerta com a reglamentària pel Decret 2303/1970.

2.3 Tall dels fulls

El tall dels fulls s'obté per la subdivisió del Mapa Topogràfic Nacional 1:50 000 en 8x8 fulls, i llurs cantonades es calculen a partir de les cantonades dels fulls del MTN arrodonides a la centèsima de segon. En el cas de lliuraments d'ortofotos, cada full coincideix amb el mínim rectangle que conté el full més una orla de 50 metres.

2.3.1 Nom

El nom de cada ortofotomapa seguirà el criteri general d'adoptar el nom del nucli de població (capital de municipi, veïnat, barri etc.) amb més habitants contingut al full. Si una població apareix en més d'un full es posa com a títol en el full en què hi ha l'ajuntament o, si no és capital de municipi, hi figura la part més gran del nucli. En cas de ciutats molt grans, com Barcelona, el seu nom apareix a més d'un full acompanyat d'un altre nom, normalment un barri. Si en el full no hi ha cap nucli de població es triarà un element geogràfic: un cim, un paratge, un castell, una ermita etc. o qualsevol edificació aïllada que pugui ser representativa de la zona; en cap cas no s'escolliran com a títols rius i torrents, vies de comunicació, serveis (amb algunes excepcions de rellevància territorial: aeroports, centrals ...), ni, lògicament, noms genèrics.

2.3.2 Identificador relatiu

Es basa en el codi seqüencial del MTN (vegeu l'annex 1) seguit de la notació matricial del full indicativa de la columna i fila a què correspon.

2.3.3 Identificador absolut

La numeració del full es basa en el codi columna-fila global que s'obté a partir del codi columna-fila del MTN seguint les fórmules següents:

$$\text{Columna}_{1:5.000} = 8(\text{Columna}_{1:50.000} - 1) + c$$

$$\text{Fila}_{1:5.000} = 8(\text{Fila}_{1:50.000} - 1) + f$$

on c i f són respectivament la columna i fila del full dins el MTN (vegeu l'annex 1).

2.4 Qualitat del producte

2.4.1 Exactitud posicional

S'estima que la precisió o exactitud planimètrica en el cas de les ortofotos a escala 1:5 000 té un error mitjà quadràtic d'1 m en punts ben definits.

Per a verificar-ho s'utilitzaran almenys 10 punts per full 1:50 000 procedents de la base de dades de punts de suport de l'ICC o de cartografia d'escala grans (1:500 o 1:1 000).

2.4.2 Consistència lògica

Per avaluar la continuïtat geomètrica i verificar que les variacions radiomètriques són petites, es seleccionarà una mostra significativa sobre la qual es realitzarà un control exhaustiu amb tècniques de correlació automàtica.

2.4.2.1 Continuitat radiomètrica

La diferència entre els valors radiomètrics entre píxels veïns no pateix canvis artificials que es puguin produir per la unió d'imatges o blocs d'imatges diferents (costures), aliens a la reflexió natural de la llum que incideix sobre el terreny. D'aquesta forma es garanteix la continuïtat radiomètrica al producte final.

Per cadascun dels punts de la mostra, en cas que el factor de correlació sigui més gran que 0,999, es considera correcta la seva radiometria; si aquest és menor a 0,8, la radiometria del punt es considera incorrecte i conseqüentment s'ha de repetir la ortofoto; si el factor de correlació està entre 0,8 i 0,999, es procedeix a analitzar la causa de l'error per veure si és acceptable o no.

2.4.2.2 Continuitat geomètrica

Les discrepàncies en les coordenades dels elements visibles a més d'una ortofoto són inferiors a un píxel, és a dir, a 50 cm.

2.4.2.3 Contrast

Per a cada ortofoto es verificarà que es fa un ús efectiu dels 8 bits per component de color; i el percentatge de saturació en els extrems de l'histograma estarà per sota del 0,5 %.

2.4.3 Completesa

Per a verificar la completesa es comprova que no hi ha zones sense imatge i que es cobreix l'àrea que es vol representar, és a dir que la imatge digital inclou les coordenades del tall del ortofotomapa.

2.5 Material i documentació

Una vegada finalitzat el projecte l'ICC disposarà del material següent:

- a) Arxius digitals de les imatges i informe de calibració de la càmera o càmeres digitals emprades
- b) Dades GPS en arxius gravats en el suport i formats acordats, l'arxiu posterior al vol del sistema de navegació, l'arxiu amb els temps de presa de les imatges i l'arxiu amb dades INS
- c) Gràfic de vol per full 1:50 000, més un gràfic general per tota la zona amb les passades transversals i de costa
- d) Fulls de missió que incloguin la data, l'hora UTC d'envol i d'arribada a la zona, nom de la tripulació, dades de referència de les càmeres; per a cada bloc s'indicarà la foto inicial i la final, l'hora UTC d'inici i acabament i el nombre de imatges de test; per a cada línia de vol es facilitarà l'alçada real, una breu descripció de les condicions atmosfèriques, l'escala nominal, el rumb i el full o fulls coberts
- e) Registres de qualitat que assegurin el compliment de les condicions del plec
- f) Ressenyes dels punts de recolzament, i si s'escau, expedient de camp amb els vèrtexs utilitzats, registres d'etiquetes i bases GPS,
- g) Report de l'ajust d'aerotriangulació i arxius amb les observacions ajustades i amb els paràmetres necessaris per a la orientació dels fotogrames i llurs precisions
- h) Arxius amb el MET generat o modificat
- i) Arxius amb les costures
- j) Arxius amb les ortofotos
- k) Registres de qualitat dels controls geomètrics i de la inspecció visual del producte
- l) Memòria d'execució dels treballs realitzats
- m) Metadades

3. VOL FOTOGRAMÈTRIC

3.1 Objecte i àmbit del projecte

El vol té per objecte el recobriment estereoscòpic vertical del terreny per a produir la versió 5.0 de la sèrie ortofotogràfica a escala 1:5 000.

La planificació es fa per grups de fulls 1:50 000 del MTN (Mapa Topográfico Nacional), essent la unitat el full 1:50 000.

3.2 Condicions generals

3.2.1 Planificació

En principi, cada full MTN està cobert per un mínim de 4 passades, en direcció EO o OE distribuïdes uniformement, i per passades transversals, en direcció NS o SN, fetes a l'extrem de cada grup o fracció excepte en cas que l'extrem Est caigui sobre la mar, que se substitueix la passada transversal per les passades que cobreixin la costa.

En zones de muntanya i en funció de l'anàlisi del terreny per a la planificació bàsica es pot augmentar el nombre de passades per full MTN amb 1 o 2 passades intercalades.

Les passades es numeren, dins de cada bloc, de la 1 fins a la n, essent la 1 la passada més al Nord i la n la passada més al Sud. Les passades de costa i les transversals es numeren correlativament.

Si el territori ho requereix es partiran les passades en diversos segments a diferent alçada per mantenir l'escala de vol. Quan així es faci, caldrà proveir d'un enllaç amb un mínim de 4 imatges de solapament.

3.2.2 Recobriments

El recobriment longitudinal serà del $60\% \pm 3\%$ en territori d'orografia normal i del $80\% \pm 3\%$ a les zones muntanyoses per a garantir l'estereoscopia a tota la zona. Les passades de costa es dissenyaran de manera que la superfície d'aigua de cada fotograma sigui inferior al 20%. Les passades de costa i transversals tindran un recobriment longitudinal del 60%.

El recobriment transversal serà d'un 28,5%, excepte en aquelles zones en que hi hagi més de 4 passades per full MTN.

3.2.3 Resolució espacial (Escala)

La mida d'un píxel de la imatge a terra representa un quadrat de 45 cm de costat a l'alçada mitjana del terreny.

L'escala nominal del vol és 1:37 500, emprant objectius amb una distància focal de 120 mm i una mida de píxel de 12 µm.

3.2.4 Execució

El vol es realitza durant els mesos de maig fins a agost

En el període d'execució s'assegura el bon funcionament de tots els elements tècnics involucrats: cos i muntatge de la càmera, objectiu, sistema d'enregistrament i emmagatzematge d'imatges, filtres, vidre de la finestra de la càmera, avió, sistema de navegació, receptor i sistema d'enregistrament de dades GPS i receptor i sistema d'enregistrament de dades INS.

Es capturen dades GPS de fase cada segon, durant tot el temps de la missió, des de l'envol fins a l'aterratge.

La freqüència d'obtenció de dades inercials és superior o igual a 50 Hz.

L'establiment de l'horari de vol es fa de forma que l'angle solar sigui superior als 45°, amb temps clar, sense núvols ni boires ni altres elements que dificultin la bona visibilitat del terreny.

Els canvis de rumb entre fotogrames consecutius dins d'un mateixa passada no excedeix en cap cas dels 3°.

En el moment de l'exposició l'orientació de la càmera es compensa per la deriva de l'avió, amb un error no superior a 3°.

El vol es realitza de manera que no es desviï la trajectòria real de la planificada en més de 100 m.

Cap punt sobre la línia de vol no ha de desviar-se de la línia planificada en més d'un 5% del recobriment.

Les desviacions de l'alçada de vol no han de superar el 5% per sobre i el 2% per sota de la planificada.

La desviació de la vertical de la càmera en el moment de l'exposició en cap moment ha de superar els 4° al igual que la diferència entre les verticals d'imatges consecutives. La mitjana dels valors absoluts de les desviacions de totes les imatges d'un full no ha de ser en cap cas més gran d'1°.

El sistema automàtic de la càmera calcula l'exposició en cada moment.

Els membres de la tripulació acrediten almenys dos anys d'experiència en la realització de vols fotogramètrics.

3.2.5 Identificació de les imatges

El nom de cada arxiu imatge està constituït, per a la seva identificació unívoca, per un conjunt de 20 dígits que indiquen el codi de vol (7), el subcodi (2), el bloc (3), la passada (2), la imatge (4) i el tipus de sortida (3).

3.3 Sistemes

3.3.1 Sistema de navegació

S'ha utilitzat com a sistema de navegació el CCNS-4 d'IGI que permet:

Planificar el vol a terra amb un programari específic, en funció de les característiques del vol desitjat, programant els centres de fotograma de tots els fotogrames

Realitzar el vol amb correccions en temps real basades en la planificació prèvia i les mesures contínues de posició realitzades amb un receptor GPS i els instruments de l'avió

Obtenir després del vol un arxiu ASCII amb les dades de captura de cada fotograma que incloguin la data i l'hora de l'exposició, les coordenades del centre de projecció en WGS-84, el nom del projecte, el rumb i els identificadors de passada i imatge.

3.3.2 Càmera digital mètrica

S'utilitza una càmera digital tipus DMC de Z/I-Imaging, o equivalent amb suspensió antivibracions, plataforma giroestabilitzada, compensació del desplaçament de l'avió en la direcció de vol a la imatge

(FMC), exposició automàtica i deriva controlada pel sistema de navegació, enregistrament automàtic de les dades de presa de les imatges, el número de passada i fotograma, així com la data i l'hora de vol, de forma que es pugui establir el sincronisme amb l'equip GPS-INS instal·lat a l'avió.

Per a cada imatge la càmera captura 4 regions diferents de l'espectre electromagnètic: 3 regions corresponents als colors vermell, verd i blau (bandes RGB) i una altra corresponent a la zona del infraroig proper.

Abans del vol es verifica la vigència del certificat de calibratge de la càmera, com a màxim, de dos anys d'antiguitat respecte l'obtenció de les imatges.

3.3.3 Sistema de recepció GPS

Per a l'obtenció de recolzament aeri, simultàniament a la captura de les imatges s'enregistren dades amb almenys dos equips GPS de doble freqüència L1/L2: un d'instal·lat a l'avió i sincronitzat amb la càmera mètrica, i l'altre, en una estació de referència. La distància màxima entre ambdós receptors no ha superat en cap cas els 400 km.

Per al correcte ús de les dades en la fase d'aerotriangulació es proporciona el vector excentricitat (*offset*) de l'antena del receptor amb una precisió de pocs centímetres i un arxiu amb el temps en què s'ha pres cada imatge.

3.3.4 Sistema inercial

Per a l'obtenció directa de l'actitud de la càmera, simultàniament a la captura de les imatges s'enregistren dades amb un sistema inercial (IMU/INS), tipus Applanix, sincronitzat amb la càmera mètrica i el receptor GPS embarcat a l'avió.

3.4 Imatges

3.4.1 Enregistrament

Les imatges capturades durant el vol s'emmagatzemen en els suports informàtics instal·lats a l'avió, que permeten enregistrar gran quantitat d'informació amb una gran velocitat de transacció de dades.

Un cop finalitzat el vol, aquests arxius es copien a un dispositiu d'emmagatzematge massiu estàndard més idoni per la seva utilització posterior.

3.4.2 Post-procés

Després del vol es fusionen les diferents regions preses pels ccd i se selecciona la taula de color adient.

3.4.3 Qualitat de les imatges

Es verifica que les imatges resten lliures de taques, ombres, núvols neu o reflexos que puguin emmascarar la informació.

3.5 Gràfic de vol

Per tal de poder establir la situació relativa de cada imatge es construeix un gràfic ordenador del vol a partir dels arxius generats pel sistema de navegació. Aquest gràfic es presenta en fulls 1:50 000 MTN sobre la base corresponent (nuclis urbans, vies de comunicació, cursos d'aigua i línies de costa amb els seus topònims). En aquest gràfic es dibuixen els eixos de totes les passades amb la numeració corresponent i els centres de les imatges amb la seva numeració. Un cop finalitzat, es lliura en suport paper i digital en forma d'arxiu CAD, ja sigui en format PDF o DGN, gravat en un suport estàndard (disquet DOS, CD-ROM, etc.).

4. RECOLZAMENT I ORIENTACIÓ

4.1 Recolzament

El recolzament dels diferents blocs fotogramètrics constarà, en principi, del recolzament aeri cinemàtic i del recolzament fotogramètric (punts de camp). El primer consisteix en la determinació de les coordenades de l'antena en el moment de prendre les fotografies i el segon en l'observació dels punts de suport del terreny. En ambdós casos s'utilitzaran equips GPS de doble freqüència.

4.1.1 Recolzament aeri cinemàtic

El procés de les observacions GPS recollides des de l'avió i l'estació de referència, juntament amb les dades de sincronització del receptor embarcat i la càmera mètrica, proporciona les coordenades geocèntriques del centre de fase de l'antena del receptor mòbil en el sistema WGS84 a l'instant en què s'ha pres cada fotograma amb una precisió relativa de 10 cm.

Per a calcular les coordenades del centre de projecció de cada fotografia a partir de les coordenades de l'antena, s'incorpora el vector excentricitat de l'antena (*offset*) en el càlcul de l'aerotriangulació.

Un cop finalitzat el càlcul GPS i obtingudes les posicions del centre de fase de l'antena, aquestes dades s'integren amb les observacions inercials de l'IMU (acceleracions lineals i velocitats angulars) per tal d'obtenir els angles d'orientació de les imatges parametrizats com a *roll*, *pitch* i *heading*. En aquest procés s'incorporen els vectors d'excentricitat (*offsets*) i rotacions que relacionen els diferents sistemes de referència per aconseguir les orientacions amb una precisió de 15-20 arc-segons en *roll* i *pitch* i 25-30 arc-segons en *heading*.

En el procés d'aerotriangulació es determinarà la matriu de desalineament entre el sistema de referència del sistema inercial i el sistema de referència de la càmera i generarà les actituds en el sistema de referència de la càmera (*omega*, *phi* i *kappa*).

4.1.2 Recolzament fotogramètric

Sobre els fotogrames s'escullen les ubicacions dels punts de suport tenint en compte la geometria del bloc fotogramètric i l'existència del recolzament aeri cinemàtic. En la mesura en què sigui possible, els punts de suport es faran coincidir amb elements del terreny que siguin estables i fàcilment identificables en les fotografies. Els punts de recolzament són obtinguts directament del terreny seguint la distribució i el procediment de captura recomanats per l'ICC; o de la base de punts de suport o d'altres projectes d'escala més gran sempre que siguin clarament identificables, es garanteixi la seva precisió i les coordenades de tots els punts de suport s'hagin obtingut a partir de vèrtexs calculats en un mateix ajust de la Xarxa Geodèsica Utilitària de Catalunya.

Les precisions relatives dels punts de suport seran de 20 cm.

4.2 Orientació

Per a l'obtenció dels valors dels paràmetres d'orientació externa dels fotogrames s'utilitzaran tècniques d'aerotriangulació per feixos amb autocalibratge a partir dels punts de recolzament i d'observacions efectuades en les imatges aèries amb estacions fotogramètriques digitals.

4.2.1 Preparació i observació

Si l'observació es fa per correlació automàtica es garanteix a cada model, un mínim d'1 punt en cada una de les zones de von Gruber i un mínim de 2 punts per model entre passades contigües.

Cas que s'utilitzi un mètode de transferència manual, sobre cada imatge es triaran almenys 3 punts, ben distribuïts, si no es disposa de les dades d'actitud; cas contrari, n'hi haurà prou amb 1 punt per imatge. Aquests punts s'observaran a les imatges anterior i posterior (excepte a l'inici i al final de cada passada). En el cas en què la identificació dels punts a les passades adjacents sigui dubtosa, s'afegiran nous punts per a assegurar el correcte enllaç entre passades.

4.2.2 Càlcul

La determinació dels valors dels paràmetres necessaris per a l'orientació dels parells estereoscòpics s'obindrà a partir de l'ajust d'una xarxa fotogramètrica pel mètode de feixos amb autocalibratge.

El càlcul s'efectuarà amb un programa d'ajust que permeti combinar observacions geodèsiques, inercials, fotogramètriques, GPS cinemàtiques etc.

4.2.3 Precisions

La mitjana de les desviacions estàndard dels punts d'aerotriangulació no excedirà del 0,1‰ de l'alçada de vol sobre el terreny en planimetria i del 0,15‰ de l'alçada de vol sobre el terreny en altimetria.

La precisió interna obtinguda com l'error mitjà quadràtic dels residus de les observacions no serà superior a 4 µm per a les observacions fotogramètriques, a 20 cm per als punts de recolzament fotogramètric i a 20 cm per als punts de recolzament aeri, i amb residus màxims inferiors a 75 cm.

5. GENERACIÓ D'ORTOFOTOS

La producció d'ortofotos parteix d'un model d'elevacions que s'utilitza en el procés de rectificació digital dels fotogrames. Posteriorment, se seleccionen les imatges rectificades necessàries per formar els mosaics de cadascuna de les ortofotos de la sèrie i un cop acoblats es fan un conjunt de millores globals a les ortofotos. Finalment s'efectuen els controls de qualitat per detectar els possibles errors comesos i corregir-los.

La unitat de distribució de les ortofotos (superfície de terreny coberta per cada ortofoto) coincideix amb el mínim rectangle que envolta al full del MTC corresponent, més una orla de 50 m al voltant de cadascun dels límits d'aquest.

5.1 Model digital d'elevacions

Per a procedir a la rectificació digital de les imatges s'utilitza el model d'elevacions del terreny (MET) de malla regular que conté les altituds ortomètriques dels vèrtexs d'una quadrícula de 15 metres de costat referits al sistema geodèsic de referència oficial i en la projecció UTM; i d'un model triangular d'elevacions de superfície (MES) que conté la vialitat i certes infraestructures (ponts, preses, molls).

5.1.1 Font d'informació

Per a la definició de la superfície del terreny s'ha utilitzat informació procedent del *Mapa Topogràfic de Catalunya a escala 1:5000 v.2.0*, produït a l'Institut Cartogràfic de Catalunya, constituïda per perfils, línies de trencament del pendent, cotes altimètriques i, excepcionalment, corbes de nivell en àrees amb poca informació. Els perfils són alineacions, en una mateixa direcció, de punts sobre el terreny que reflecteixen els canvis de pendent; els perfils estan separats uns 45 metres i dins de cada perfil la distància entre punts oscil·la entre els 20 i 60 metres en funció de les característiques del terreny. Les cotes altimètriques emprades estableixen un núvol de punts, de densitat variable, distribuïts per colls, pics, caps d'escarpament, fons de depressió, esplanades (places, cruïlles, patis, pistes esportives etc.) i vies de comunicació (un cada 200 metres). Les línies de trencament del pendent completen la morfologia del terreny amb carenes, tàlvegs, talussos, xarxa viària i xarxa hidrogràfica.

Per a realitzar les correccions locals per l'existència d'infraestructures s'integra amb les dades anteriors un conjunt de cotes i línies de trencament del pendent situades sobre ponts, preses i molls.

Si es necessita actualitzar puntualment el MES es fa seguint les indicacions descrites a l'annex 2.

5.1.2 Generació del model digital d'elevacions

Una vegada integrades les dades descrites anteriorment s'aplica un procés de triangulació per a obtenir un model amb estructura de malla irregular de triangles que descriu la superfície final a considerar en la rectificació de les imatges.

5.1.3 Qualitat del model d'elevacions

Per a la determinació de la qualitat del model d'elevacions s'han utilitzat punts del terreny procedents de la base de dades de recolzament de l'ICC, distribuïts per tot el territori de Catalunya, llevat de les zones de morfologia complexa, de difícil accés i dels boscos.

S'han comparat les cotes, d'un mostra de 1721 punts, obtingudes per mètodes topogràfics amb les calculades per interpolació del model d'elevacions i els resultats reflexen un error mitjà quadràtic de 0,74 m.

5.2 Rectificació d'imatges

En aquesta etapa del procés se seleccionen les imatges que han de servir per a cobrir totes i cadascuna de les ortofotos i es rectifiquen, a partir de les dades del model d'elevacions i dels paràmetres d'orientació de les imatges, aplicant el mateix model fotogramètric emprat en el procés d'aerotriangulació, utilitzant paràmetres d'autocalibratge i correccions degudes a la curvatura terrestre, la refracció atmosfèrica i les distorsions de la lent. El mètode de remostreig es fa aplicant una convolució bicúbica.

El resultat és un conjunt d'imatges rectificades amb píxels centrats sobre una malla de 50 cm de costat.

5.3 Generació del mosaic

5.3.1 Equilibri radiomètric

A nivell global, una vegada corregides geomètricament les imatges, s'agrupen les que tenen unes condicions similars d'il·luminació i es calcula una transformació per a obtenir un mosaic homogeni a tot el territori i garantir la continuïtat radiomètrica. També s'apliquen processos per eliminar els punts calents tenint en compte l'hora d'exposició, però no es corregeixen els reflexes lluminosos que es puguin produir degut a la presència de masses d'aigua a les fotografies.

Aquestes transformacions es realitzen comparant les imatges amb les quals es vol confeccionar el mosaic amb les zones corresponents d'una imatge Modis que cobreix tot el territori català. D'aquesta forma, les millores radiomètriques efectuades es calculen per zones mitjançant una imatge de referència que s'utilitza per aconseguir continuïtat radiomètrica amb tonalitats properes a la realitat.

5.3.2 Línies de sutura

Per a la formació de les ortofotos d'un bloc s'utilitzen la major part dels fotogrames existents en el bloc.

S'analitzen les diferències radiomètriques existents a les àrees de solapament, entre fotogrames veïns, i es defineixen funcions específiques per a cada component del color dependents de la posició dels píxels a cada imatge. Aquestes funcions s'apliquen a tots els fotogrames de manera que es minimitzin les diferències radiomètriques amb un ajust.

En acabar les correccions radiomètriques es defineixen les línies de sutura vertical i horitzontal entre els parells de fotogrames a fi d'amagar les zones de transició entre aquests. D'aquesta manera es minimitzen els errors geomètrics, al prendre la part central de les imatges on les imprecisions del model d'elevacions tenen un impacte menor i la imatge està menys distorsionada.

En la definició de les línies de costura també es té en compte el mapa d'estirades per evitar-les utilitzant els centres de projecció més favorables respecte el pendent del terreny capturat..

5.3.3 Ortofoto

Primerament es procedeix a fer un mosaic amb les parts dels fotogrames rectificats delimitades prèviament per les línies de sutura.

A continuació, per a l'obtenció de cadascuna de les ortofotos finals, es retalla el mosaic pel límit del mínim rectangle que conté al full MTC corresponent, eixamplant-lo posteriorment 50 m per cada costat per obtenir la unitat de distribució final de la ortofoto.

5.4 Millora d'imatges

5.4.1 Millores radiomètriques

Atenent a la resolució inicial i final de les imatges es realitzarà un procés de 'dodging' per aclarir les zones més obscures de les imatges.

5.4.2 Eliminació d'artefactes

En aquelles àrees de la imatge en què el terreny no sigui visible per núvols, fums, reflexos de cossos d'aigua, oclusió del relleu etc., es busquen imatges alternatives que no presentin aquests artefactes i es fa un mosaic per tal d'obtenir una ortofoto amb la màxima superfície de representació del territori.

Aquelles zones eliminades per la censura es completaran fent mosaics amb altres imatges de textures similars a les del contorn visible.

5.4.3 Compleció de les ortofotos

Les ortofotos que cobreixen la costa tenen una part de mar que no sempre es pot obtenir del vol fotogramètric, per tant resulta convenient completar la zona d'aigua generant una mar sintètica amb uns paràmetres radiomètrics similars als de la mar existent per millorar el seu aspecte visual i continuïtat.

5.5 Qualitat de les ortofotos

Per avaluar la continuïtat geomètrica entre les ortofotos i verificar que les variacions radiomètriques entre elles són petites es comprova sobre una mostra de punts situats a les zones de solapament entre les ortofotos.

El programari utilitza tècniques de correlació per determinar un índex, el número de punts en que es detecten discrepàncies geomètriques, radiomètriques o ambdues a la vegada.

Per valors de l'índex iguals a zero, cap punt de mostra presenta problemes de continuïtat. En cas contrari, es procedeix a una inspecció visual dels punts en què s'han detectat els problemes, de forma manual.

Quan es presenten valors baixos d'aquest índex, normalment corresponen a petites zones desiguals a las dos ortofotos (petits artefactes lineals com fibres o ratlles corregits només a una de les imatges, superfícies d'aigua desiguals, diferent inclinació d'arbres en zones de bosc, etc), que en el cas general no presenten problemes a la continuïtat de les ortofotos.

Per valors majors, es procedeix a la correcció d'aquest problemes per garantir la continuïtat en aquests punts.

El criteri seguit per detectar la bondat d'un punt és que aquest presenti un índex de correlació major a 0,999. Per valors de l'índex entre 0,8 i 0,999, es verifica la causa de l'error per avaluar si aquest és important o si és assumible. Si la correlació reflexa un índex menor a 0,8, es considera que existeix un error greu i l'ortofoto ha de corregir-se.

Una vegada generades les ortofotos finals, es realitzaran controls geomètrics per verificar que la discrepància entre les coordenades dels punts d'aerotriangulació que es puguin identificar a les imatges i les obtingudes a l'aerotriangulació té una mitjana quadràtica inferior a 0,5 m.

Per inspecció visual, es comprova que ponts, carreteres i línies de ferrocarril són rectes, que no hi ha estirades ni reflexos, núvols, taques o ratlles, així com que les línies de sutura siguin invisibles. Alguns d'aquests defectes poden ser produïts per desnivells del terreny i la seva orientació respecte al centre de projecció de les imatges; en aquests casos s'empra una altra imatge en què la zona problemàtica sigui més centrada, tal com es descriu en el punt 6.3.3.

Cal remarcar que els elements projectats són els presents en el model d'elevacions, per la qual cosa, arbres, cases i torres de conducció elèctrica o telefònica no seran corregits geomètricament. De la mateixa manera, variacions del model produïdes per petits errors o la manca d'actualització poden provocar distorsions que escapin al control de qualitat.

6. FORMACIÓ DELS ORTOFOTOMAPES

En aquesta etapa es completa la ortofoto amb informació addicional pròpia dels document cartogràfics.

6.1 Xarxa geodèsica

Sobre la imatge, se simbolitzen els vèrtexs de la Xarxa Geodèsica Utilitària de Catalunya corresponents a la data indicada a la caràtula. La posició del símbol és aproximada i en cap cas es pot considerar correcta per a treballs topogràfics. A més del símbol de vèrtex, si s'escau, s'hi afegeixen símbols addicionals per indicar si hi ha altres dades disponibles, com coordenades astronòmiques, dades magnètiques etc.

6.2 Toponímia

S'utilitza la informació toponímica de l'ICC procedent del recull de camp i les posteriors revisions i actualitzacions, i que és classificada geogràficament a partir d'una codificació que identifica els elements geogràfics designats.

Se situa digitalment sobre la imatge ortofotogràfica en base als criteris descrits a l'annex 3 i respectant els tipus i cossos de lletres prèviament escollits per a la sèrie segons la codificació tipogràfica. L'ICC empra un programari específic per a fer aquestes tasques.

6.3 Caràtula

La caràtula es genera mitjançant una aplicació que situa automàticament la informació no variable i que permet la introducció de la informació variable i la seva situació automàtica dins de la caràtula.

6.3.1 Contingut

Els fulls inclouen la informació següent: títol de la sèrie, títol i identificadors numèrics del full, informació i adreces institucionals, mapa de distribució dels fulls MTN 1:50 000, mapa guia i situació del full 1:5 000 corresponent, llegenda, fonts d'informació, informació geodèsica, escales numèrica i gràfica, dades sobre l'edició, informació tècnica sobre el document cartogràfic, data del vol utilitzat, marcs, malla de coordenades i fulls amb què enllaça.

6.3.2 Distribució

La informació detallada a l'apartat anterior es mostra a l'ortofotomapa en la forma següent:

- A les cantonades del full es retolen les coordenades geogràfiques en graus, minuts, segons i fracció decimal fins a la centèsima de segon, i les coordenades UTM corresponents, en metres i arrodonides al centímetre
- Se sobreposa a la imatge la malla de coordenades UTM cada 500 metres. En la intersecció entre la malla i el marc del full s'indica la coordenada UTM corresponent en quilòmetres i fracció decimal fins a l'hectòmetre
- A cadascun dels costats del marc del full s'indica el full 1:5 000 amb què enllaça.
- A la part inferior dreta de la imatge se situa el *copyright* de l'ICC
- Al lateral esquerre i a la cantonada inferior dreta del full es retolen el títol i els identificadors numèrics
- A la part dreta del full se situa de dalt a baix, la informació següent:
 - a) Títol de la sèrie
 - b) Títol del full

- c) Identificador relatiu i identificador absolut
 - d) Logotip de l'ICC
 - e) Mapa de Catalunya amb la distribució dels fulls MTN 1:50 000 assenyalant el que conté el full representat
 - f) Mapa guia del full MTN 1:50 000 amb la distribució dels fulls 1:5 000 assenyalant el full representat. En aquest mapa, a més, s'hi representa: la divisió comarcal i municipal, els principals nuclis de població, la xarxa hidrogràfica principal, la xarxa de carreteres i ferrocarrils, i els noms dels principals nuclis de població, caps de municipis, comarques i països. També va acompanyat del llistat dels municipis inclosos totalment o parcialment en el mapa guia
 - g) Llegenda tipogràfica i de símbols
 - h) Fonts d'informació
- A la part inferior del full se situa de dreta a esquerra, la informació següent:
 - a) Informació geodèsica: gràfic amb indicació del nord de la projecció, del nord magnètic i del nord geogràfic; valors de la convergència de la quadricula, el valor de la declinació magnètica i la variació anual al centre del full i la data per a la qual s'han obtingut les dades magnètiques
 - b) Escala numèrica i escala gràfica.
 - c) Dades de l'edició, textos de protecció legal, adreces institucionals
 - d) Informació sobre el procés de realització del document cartogràfic, versió a què correspon el full i altra informació complementària.

ANNEX 1: Identificadors del MTN

Gràfic amb els codis seqüencials i columna-fila dels fulls del MTN 1:50 000 de Catalunya

118B 32-7	118C 33-7								
148 32-8	149 33-8	150 34-8							
180 32-9	181 33-9	182 34-9	183 35-9						
213 32-10	214 33-10	215 34-10	216 35-10	217 36-10	218 37-10	219 38-10	220 39-10	221 40-10	
251 32-11	252 33-11	253 34-11	254 35-11	255 36-11	256 37-11	257 38-11	258 39-11	259 40-11	
289 32-12	290 33-12	291 34-12	292 35-12	293 36-12	294 37-12	295 38-12	296 39-12	297 40-12	
327 32-13	328 33-13	329 34-13	330 35-13	331 36-13	332 37-13	333 38-13	334 39-13	335 40-13	
358 31-14	359 32-14	360 33-14	361 34-14	362 35-14	363 36-14	364 37-14	365 38-14	366 39-14	
387 31-15	388 32-15	389 33-15	390 34-15	391 35-15	392 36-15	393 37-15	394 38-15		
415 31-16	416 32-16	417 33-16	418 34-16	419 35-16	420 36-16	421 37-16			
443 31-17	444 32-17	445 33-17	446 34-17	447 35-17	448 36-17	448C 37-17			
470 31-18	471 32-18	472 33-18	473 34-18						
496 31-19	497 32-19	498 33-19							
521 31-20	522 32-20	523 33-20							
546 31-21	547 32-21	547C 33-21							

ANNEX 2: Metodologia per a la correcció dels MDT per a ortofoto 1:5 000

OBJECTE DEL DOCUMENT

Aquest document descriu el mètode per generar aixecaments altimètrics digitals locals d'aquelles àrees del terreny en què les imatges rectificades presenten deformacions.

MATERIAL QUE LLIURA L'ICC

Per a la correcta realització del treball l'ICC proveirà imatges del mateix vol utilitzat en la generació de l'ortofoto, ja sigui en format digital, ja sigui en analògic, i de manera que la zona quedi recoberta estereoscòpicament; subministrarà la informació necessària per a orientar els models estereoscòpics i una còpia en paper de les ortofotos o contactes amb les zones assenyalades.

ACTUALITZACIÓ DEL MDT

Àmbit d'actuació

Per a cada zona es construirà un polígon de rectificació que contingui l'àrea marcada més una orla d'almenys 30 metres. Es procurarà que siguin polígons regulars sense angles bruscs i es tendirà a agrupar les zones properes en una única zona.

Restitució fotogramètrica

A partir de les dades facilitades per l'ICC s'orientaran els models estereoscòpics de manera que la tolerància per als residus de tots els punts mesurats serà de 0,75 metres en (X,Y) i del 0,15% de l'alçada de vol sobre el terreny en (Z).

Dins dels polígons es recolliran tres tipus d'elements: línies de trencament del pendent, punts de densificació i, esporàdicament, corbes de nivell per a inferir línies de trencament del pendent (vessants de muntanyes, zones amb dificultat de posicionament puntual etc.).

Com a línies de trencament del pendent es capturaran elements planimètrics lineals: marges de vials d'amplada superior a 1,5 metres, eixos de ferrocarrils, marges de cursos fluvials d'amplada superior a 10 metres o l'eix en altres casos, límits superior i inferior de desmunts i terraplens i el marge superior dels bancals. Els ponts es capturaran amb dues línies a banda i banda de la part superior i amb dues línies més paral·leles a les anteriors i desplaçades cap a l'exterior del pont entre 5 i 10 cm però situades a l'alçada del terreny (sota el pont).

En la resta de la zona on no hi hagi línies de trencament del pendent es capturaran punts de densificació de manera que formin una malla irregular suficientment densa (aproximadament un punt cada 15 metres). En boscs els punts es donen sobre els arbres.

Si malgrat això encara hi ha àrees en què el relleu no queda ben definit, es podran incloure, ocasionalment, corbes de nivell per a inferir línies de trencament del pendent.

ESTRUCTURA DE LES DADES

Les dades es lliuraran en format DGN (de Microstation de Bentley). Els elements es codificaran segons els codis de nivell (LV), estil (LC), color (CO) i pes o gruix (WT) de la taula següent:

Element	LV	LC	CO	WT
Línies de trencament del pendent	6	0	0	0
Corbes de nivell per a inferir línies de trencament del pendent	4	0	4	0
Punts de densificació	7	0	0	2
Polígon de rectificació	1	0	2	0

ANNEX 3: Toponímia

DISPOSICIÓ GRÀFICA

En general, la disposició es farà tenint en compte el punt de vista del lector, que es considera situat a la base del mapa i sobre un punt central, per tal de facilitar-li'n la lectura. S'ha de procurar col·locar els topònims, si és possible, disposats horitzontalment i d'esquerra a dreta; els que designen elements longitudinals verticals es disposaran de baix a dalt, excepte els del terç de la dreta del full, que ho seran de dalt a baix.

Topònims puntuals

Se situaran, sempre que sigui possible, al costat superior dret de l'element designat; quan la informació topogràfica no ho permeti es buscaran altres emplaçaments, en primer lloc a la dreta de l'element.

Els topònims desdoblats en més d'una línia hauran d'anar justificats pel costat més proper a l'element designat.

Els topònims que designen elements geogràfics de la línia de costa no s'han de disposar encavallats entre mar i terra; cal que se situïn completament dins de la costa o dins de la mar.

Els noms de cims o pics se situaran preferentment centrats (per sobre o per sota) del punt que designa la part més elevada.

Topònims lineals

Es disposaran a la cartografia seguint l'element que designen. Si l'amplada de l'element longitudinal ho permet se situarà el topònim dins de l'element; en cas que no pugui ser, se cercarà el tram més horitzontal i es posarà per damunt de l'element i, si no és possible, per sota.

Si l'element és molt sinuós s'optarà per situar el topònim en un tram convex per evitar que les lletres es muntin les unes damunt les altres, cosa que en dificultaria la lectura.

Les lletres del topònim no s'espaiaran fins a ocupar la totalitat de l'element lineal; si cal es repetirà el nom.

Els topònims que designen serres, malgrat referir-se a una superfície, se situaran sobre l'eix de les corbes de nivell (carena), bé que suavitzant-ne, si cal, les inflexions.

Topònims d'àrea

Els topònims que designen àrees de límits imprecisos se situaran centrant-los sobre l'espai designat intentant obrir o eixamplar els textos amb un espaiat constant. Si és necessari es disposaran els textos en dues o tres línies (millor tres).

Quan es tracti de designar elements d'extensió definida se situarà el topònim a l'interior de la zona. Si no és possible es considerarà com un topònim puntual, però es col·locarà una part del text sobre l'element.

Alguns d'aquests topònims, com noms de llacs o estanys, s'han de disposar centrats i amb equidistància dels caràcters a costat i costat del centre del text.