

# ANIMACIÓ D'IMATGES DE SATÈL·LIT

## Introducció

Es presenten les tècniques de processat d'imatges utilitzades per tal de generar seqüències de perspectives que, de forma combinada, simulin ser captades per un avió.

En primer lloc, descrivim les dades que s'han utilitzat; a continuació expliquem el software de creació d'una perspectiva, donant especial importància als paràmetres dels què depèn. Seguidament es presenta la generació de vistes prèvies, que ajuda l'usuari a seleccionar els esmentats paràmetres. Després es parla de la interpolació d'un conjunt de paràmetres, per a finalitzar amb una descripció dels equips utilitzats i del treball futur.

Aquesta tasca s'està realitzant a l'Institut Cartogràfic de Catalunya i des del punt de vista de la lògica es pot considerar gairebé completa, encara que no des del punt de vista d'optimització i operació.

## Dades

Es disposa d'informació tridimensional, que representa la superfície d'una determinada zona de la Terra, emmagatzemada en dos bancs de dades separats.

El primer és la informació plana de caràcter radiomètric, és a dir, que ofereix el color i la textura de la superfície. És una imatge digital, procedent d'un satèl·lit d'observació de la Terra (LANDSAT, SPOT, NOAA), o d'una imatge presa des d'un avió, ja sigui digitalitzada a partir d'una fotografia, ja sigui captada directament per un escàner a bord. En general, es disposa de diverses bandes espectrals captades simultàniament, cadascuna de les quals correspon a la visió de l'escena dins d'una regió de longituds d'ona. Donat que els valors d'intensitat de cada punt i cada banda estan compresos entre 0-255, la combinació de tres d'aquestes bandes permet obtenir una ampla gamma de colors.

El segon és un model numèric del terreny (MNT), que conté les altituds per a cada nus d'una xarxa regular disposada sobre una àrea geogràfica. Pot tenir el seu origen bé en la digitalització de les corbes de nivell d'un mapa topogràfic i la seva posterior densificació i pas a xarxa, bé en la restitució estereoscòpica (de

manera analògica o digital) a partir de fotografies aèries o imatges de satèl·lit. Les alçades s'emmagatzemen com a valors reals.

Abans de procedir a l'obtenció de perspectives, es realitza un cert pretractament sobre les dades. Pel que fa a la imatge, se li aplica un filtre laplacià per remarcar els contorns, seguit d'un realçat del contrast. El MNT és filtrat per tal d'eliminar els pics o valls puntuals. Tant la imatge com el MNT s'han de correspondre amb la mateixa projecció geogràfica.

## Generació de perspectives

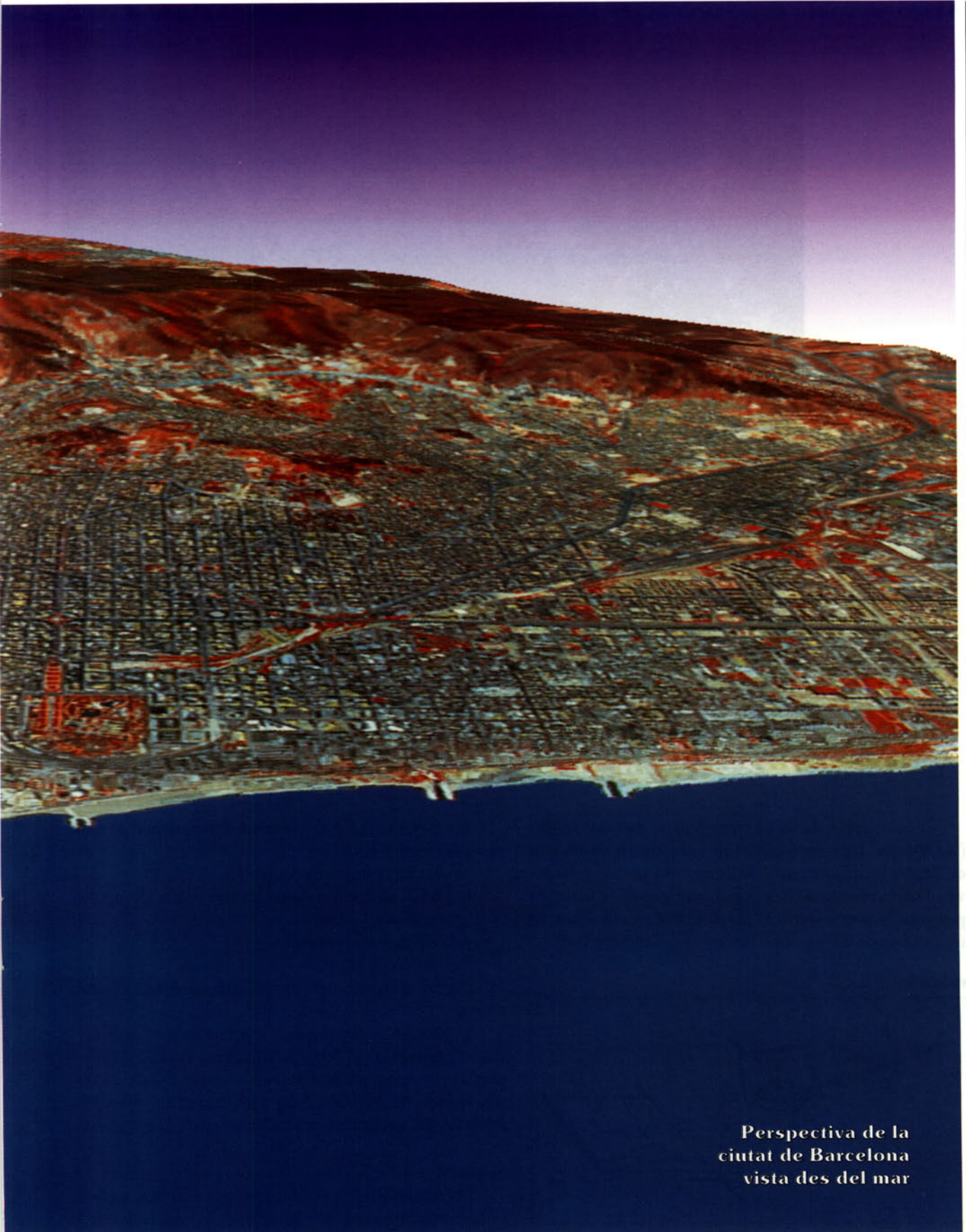
### Paràmetres

Considerarem que la superfície està en un sistema de coordenades tridimensional (X,Y,Z), que anomenarem espai objecte, on el centre de projecció tindrà coordenades objecte (Xo,Yo,Zo). A la vegada, definirem un sistema de coordenades local (U,V,W), que anomenarem espai imatge, de tal manera que el pla de projecció sigui paral·lel al pla U,V a una distància focal f, i el centre de projecció correspongui al centre de coordenades (0,0,0). (Figura 1).

Foto 3: Visualització del model d'elevacions del terreny al voltant del Llobregat. Les parts més clares són les més elevades  
(Foto: ICC)



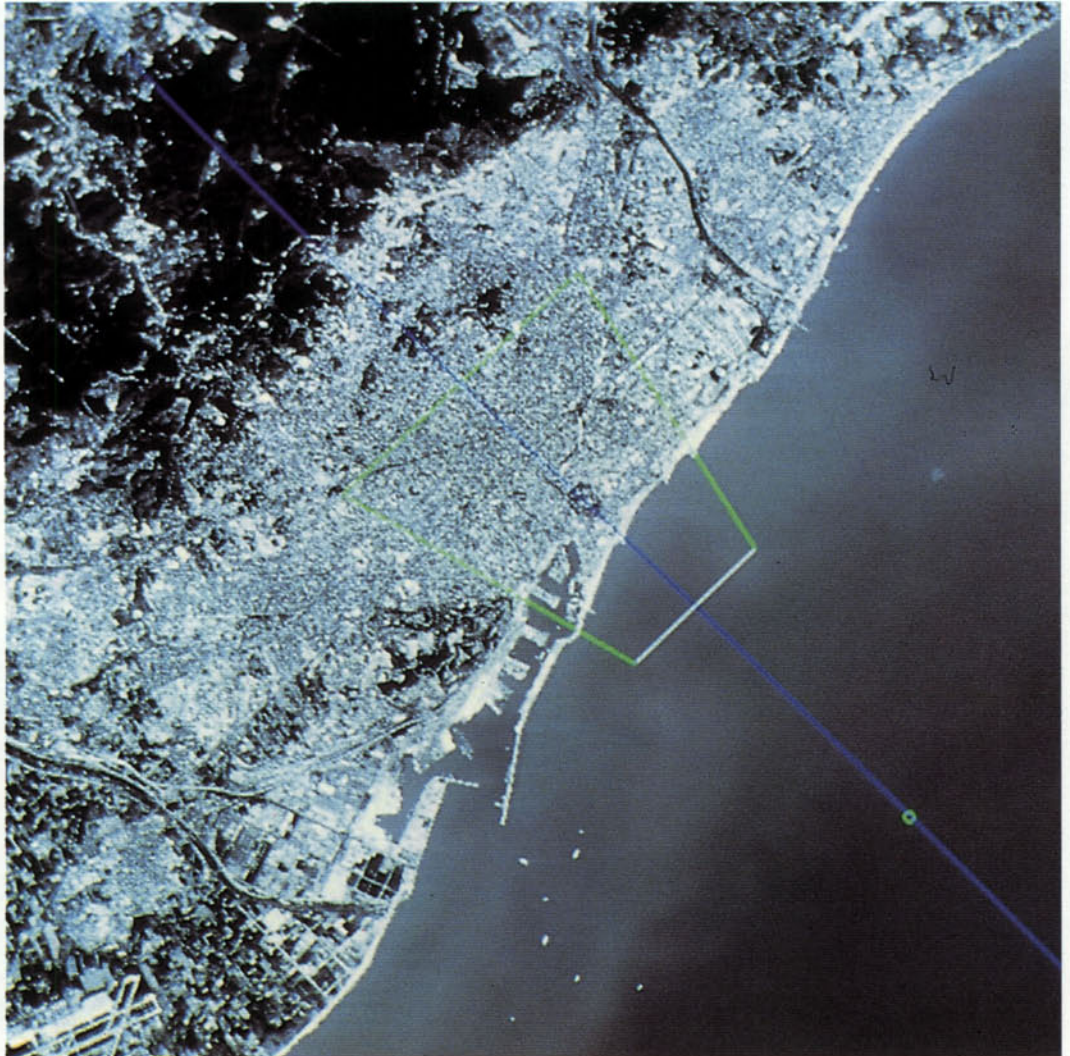




Perspectiva de la  
ciutat de Barcelona  
vista des del mar

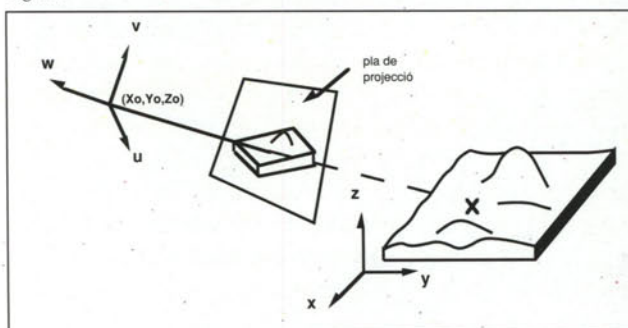
(Image: ICC)

Foto 5: Presentació a pantalla del programa de generació de vistes prèvies (Foto: ICC)



L'orientació de la càmera depèn de tres angles  $(w,f,k)$ , que permeten construir la matriu  $R$  de rotació de l'espai imatge respecte de l'espai objecte i/o a l'inrevés. Definirem també que la perspectiva serà la formada per aquells punts sobre el pla de projecció inclosos en un quadrat de dimensions  $1 \times 1$  centrat al punt  $(0,0,-f)$ .

Figura 1



Els paràmetres que establirà l'usuari per obtenir una perspectiva són:

$X_0, Y_0, Z_0$ : Centre de projecció.

$f$ : Longitud focal o distància del centre de projecció al pla.

$w, f, k$ : Angles de rotació.

Resolució de la perspectiva resultant.

Factor d'exageració vertical per tal d'accentuar el relleu.

El sistema també permet seleccionar una subescala de la perspectiva. Això possibilita la creació de perspectives de gran grandària, per exemple  $3\,000 \times 3\,000$  píxels, que no podrien ésser generades en una única execució del programa per manca d'espai de memòria.

#### Projecció

Les equacions de col·linealitat, que escrivim a continuació, relacionen els dos sistemes de coordenades de la



Foto 6: Mapa en fals color de Catalunya a escala 1:250 000, fet a partir d'imatges del sensor TM instal·lat al satèl·lit LANDSAT-5

(Foto: ICC)

següent manera:

$$U = -f \frac{r_{11}(X_0 - X) + r_{12}(Y_0 - Y) + r_{13}(Z_0 - Z)}{r_{31}(X_0 - X) + r_{32}(Y_0 - Y) + r_{33}(Z_0 - Z)}$$

$$V = -f \frac{r_{21}(X_0 - X) + r_{22}(Y_0 - Y) + r_{23}(Z_0 - Z)}{r_{31}(X_0 - X) + r_{32}(Y_0 - Y) + r_{33}(Z_0 - Z)}$$

on  $r_{ij}$  són els elements de la matriu de rotació  $R$

La perspectiva es pot obtenir de dues maneres diferents: projectant cada punt  $(X, Y, Z)$  sobre el pla de projecció, o obtenint el punt associat de la superfície per a cada punt  $(U, V)$  d'aquest pla (*ray tracing*).

Cada mètode ofereix una sèrie d'avantatges i d'inconvenients. Pel que fa al primer, la dificultat resideix en el tractament de les parts ocultes, la integració de tots aquells punts que queden projectats sobre el

mateix pixel (*picture element*) de la imatge de sortida i la creació de forats negres en aquesta. Com a contrapartida, es pot tractar la imatge d'entrada (usualment molt gran) i el MNT de forma seqüencial, per la qual cosa no cal tenir-los en la memòria principal.

En el nostre cas vàrem decidir d'emprar el segon mètode. S'utilitza un algorisme iteratiu per a calcular la intersecció de la recta de projecció associada a un element  $(U, V)$  amb la superfície. En aquest cas desapareix el problema de l'eliminació de les parts ocultes. En canvi, es presenta un problema addicional (especialment important si orientem el pla de projecció de manera que observi l'horitzó), perquè dos pixels veïns interseccionen la superfície en posicions molt distanciades entre si. Això és greu pel que fa a les seqüències animades, ja que provoca una gran oscil·lació de la imatge, tant més visible com més propers a l'horitzó estiguin els pixels de les perspectives.



Foto 7: Exemple d'un frame concret dins una seqüència d'animació, corresponent a la ciutat de Barcelona

(Foto: ICC)

Adicionalment es presenta un problema d'ocupació de memòria, ja que, per treballar de forma eficient, cal que hi resideixi, com a mínim, el MNT.

#### Vistes prèvies

Es construí un programa amb la finalitat de reduir el nombre d'iteracions necessàries a l'hora d'aconseguir una perspectiva concreta. Donat que els paràmetres estan molt relacionats, calia una eina que permetés agilitar l'obtenció dels paràmetres associats a una vista desitjada.

Inicialment mostra a la pantalla del processador d'imatges la imatge digital, i a continuació permet que l'usuari entri valors concrets per a cadascun dels paràmetres. Es fa la hipòtesi que la projecció inversa de la meitat inferior de la perspectiva sempre cau dins la imatge d'entrada. D'aquesta manera, quan l'usuari altera qualsevol paràmetre, automàticament es dibuixa sobre la imatge d'entrada el trapezi format pels punts de projecció associats als vèrtexs d'aquesta meitat, sempre que caigui completament dins la imatge. Al

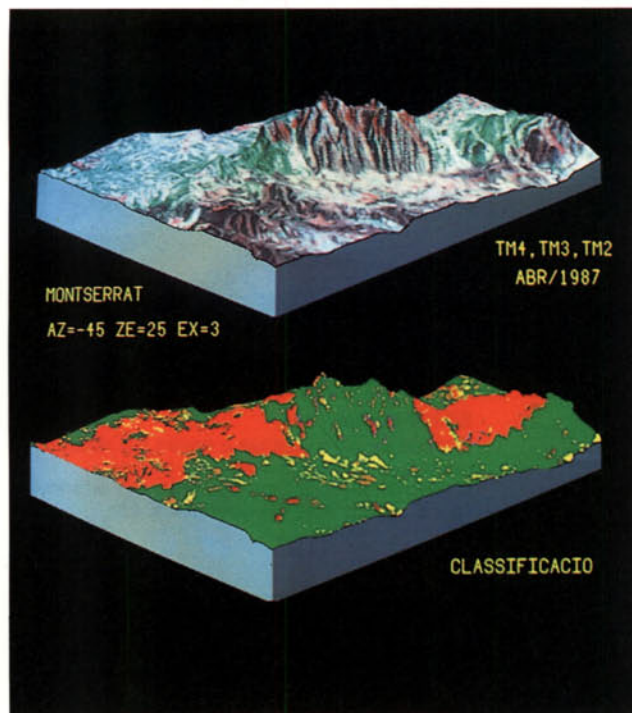


Foto 8: Exemple de perspectiva digital realitzada utilitzant imatge de satèl·lit i una imatge classificada, derivada de l'anterior (Foto: ICC)

mateix temps es dibuixa una secció amb el centre de projecció i l'angle de visió vertical. En tot moment es coneixen els valors actuals de tots els paràmetres.

### Interpolació

Per a generar una seqüència cal obtenir els paràmetres de projecció per a totes les perspectives que hi intervindran. Per això es creen un seguit de perspectives intermèdies i s'associa a cadascuna una variable addicional de temps (en segons). Es defineix el nombre de perspectives per segon d'animació que es desitgen i, per interpolació, es crea un fitxer amb els paràmetres de totes les perspectives de la seqüència seleccionada. Aquest fitxer és utilitzat directament pel programa de generació de perspectives, que crea a la vegada un fitxer imatge per a cadascuna d'elles.

Així, per exemple, a partir de la interpolació dels paràmetres  $(X_0, Y_0, Z_0)$  s'estableix la trajectòria de vol; els angles d'orientació permeten simular girs durant el vol; i l'efecte de *zoom* es crea fàcilment interpolant el paràmetre de longitud focal.

### Equips i realització

Per a la generació de seqüències animades, l'Institut Cartogràfic de Catalunya disposa actualment d'un VAX-750, d'un processador d'imatges IVAS-12S de 1 024 x 1 024 píxels de resolució i d'un *array processor* CSPI.

L'aplicació ha estat desenvolupada en FORTRAN. La generació d'una perspectiva costa, per terme mitjà, d'uns cinc minuts de presència, sense càrrega addicional en el sistema.

A causa de problemes de sincronisme, no ha estat possible de registrar directament el senyal vídeo que proporciona el processador d'imatges. Per aquest motiu s'ha escollit d'emmagatzemar les perspectives en banda magnètica, per tal de ser processades posteriorment per una empresa d'animació la missió de la qual ha estat passar de cinta magnètica a cinta de vídeo.

S'han elaborat dos vols simulats sobre el litoral català a partir del mosaic digital 1:250 000 TM i el MET de la *Defence Mapping Agency*. El primer, d'un minut de durada, és un vol a gran altura i velocitat, mentre que el segon, de tres minuts de durada, reproduïx un vol a menys altura i velocitat, cosa que permet una millor observació del territori.

Data de recepció de l'original: 01.90

Vicenç Palà

Llicenciat en Informàtica  
Institut Cartogràfic de Catalunya

## BIBLIOGRAFIA

DUBAYAH, R.O. i DOZIER, J.: *Orthographic Terrain Views Using Data Derived from Digital Elevation Models*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, volum 52, núm. 4. Falls Church (Virgínia), 1986. Pàgs. 509-518.  
HUSSERY, K.J.; HALL, J.R. i MORTENSEN, R.A.: *Image Processing Methods in Two and Three Dimensions Used to Animate Remo-*

*tely Sensed Data*. Comunicació a l'IGARSS'86. Zuric, 1986. Pàgs. 771-776.  
MULLER J.C., T. DAY, J. KOLBUSZ, M. DALTON, S. RICHARDS, J.C. PERSON: *Visualization of topographic data using video animation*. Comunicació a IISPTS'88, Edimburg 1988. Pàgs. 602-615.

# INSTITUT CARTOGRÀFIC DE CATALUNYA

UNA INSTITUCIÓ JOVE AL SERVEI D'UNA LLARGA TRADICIÓ



**Fotogrametria assistida**  
La restitució fotogramètrica és mecanitzada de manera integral; inicia així la mecanització de la delineació.

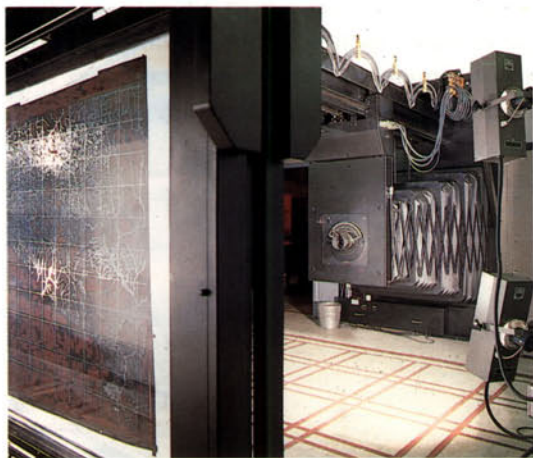


**Edició digital**  
L'edició digital s'efectua a través del sistema gràfic que ajuda a dibuixar els mapes i la seva simbologia; també s'utilitza per dissenyar i controlar els vols fotogramètrics, etc.

**Teledetecció**  
Les imatges emeses des de satèl·lit són rebudes per un sistema de procés d'imatges digitals en color que permet d'una forma directa diferents tractaments de les mateixes.



**Centre de càlcul**  
El Centre de càlcul, proveït de dos ordinadors (un IBM-4381/2 (D.P.T.O.P.) i un VAX-11/780) i d'un sistema de procés d'imatge, constitueix la infraestructura que permet el tractament de totes les dades necessàries per a l'elaboració de la cartografia.



**Laboratori**  
El Laboratori fotogràfic, compost de les més modernes processadores i cambres de precisió, permet la màxima exactitud en la reproducció foto-cartogràfica.



Generalitat de Catalunya  
Departament de Política Territorial  
i Obres Públiques  
**Institut Cartogràfic de Catalunya**

Balmes, 209-211 - Telèfon (93) 218 87 58  
Tèlex 98471 ICCB E - 08006 Barcelona

- Mapes topogràfics
- Mapes temàtics
- Mapes de carreteres
- Mapes i guies turístiques
- Mapes i guies excursionistes
- Plans de ciutats
- Ortofotomapes
- Fotografia aèria
- Llibres de contingut geocartogràfic
- Atlas
- Publicacions de la Generalitat
- Diverses publicacions oficials de l'estat