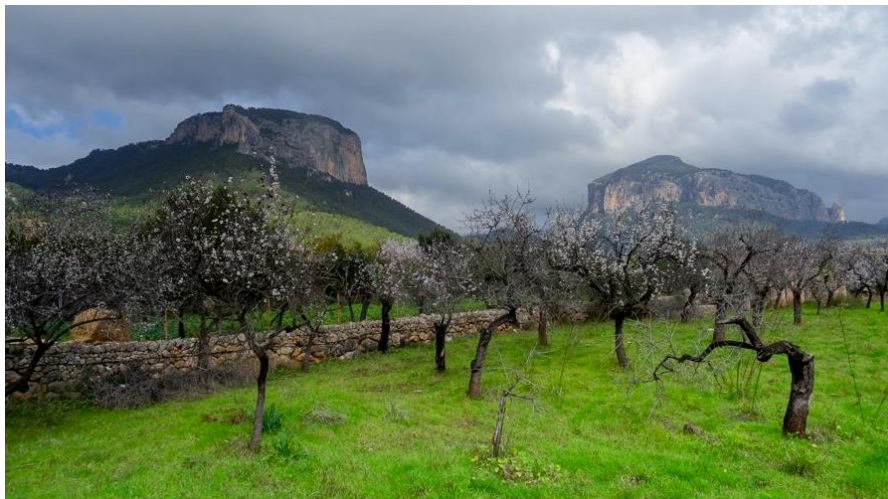


ANÀLISI DE VISIBILITAT

PRINCIPALS INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT TERRESTRE,
RUTES SENDERISTES I VIA VERDA (ILLA DE MALLORCA)



 Departament de Territori
Consell de Mallorca

 **GABINET d'ANÀLISI
AMBIENTAL i TERRITORIAL**

Novembre 2022

EQUIP TÈCNIC
GABINET d'ANÀLISI AMBIENTAL I TERRITORIAL

Aina Soler Crespí, arquitecta i directora de l'equip

Alejandro Pilares García, geògraf

Margalida Mestre Morey, geògrafa

Francisca Balle Llabrés, ambientòloga

Cristòfol Rotger Pujadas, geògraf



Gabinet d'Anàlisi Ambiental i Territorial (GAAT)

C/ Pere Dezcallar i Net, 13, 3r-8a

07003 Palma

Tel. 971 22 77 91

Mòb. 636 500 972

empresa@gaat.es www.gaat.es

Índex

1. INTRODUCCIÓ	1
2. OBJECTIUS	1
3. METODOLOGIA	1
3.1 DADES BASE	1
3.2 PARÀMETRES DEL SISTEMA DE VISIBILITAT	4
3.3 PROCESSAMENT DE LES DADES	6
3.3.1 VISIBILITAT	6
3.3.2 GRAU DE VISIBILITAT	7
3.3.3 PROFUNDITAT D'INVISIBILITAT	9
4. RESULTATS	10
4.1 CARTOGRAFIA	10
4.2 ARXIUS ASSOCIATS	10
5. CONCLUSIONS	12

1. INTRODUCCIÓ

L'anàlisi de visibilitat té per objecte determinar les àrees visibles des d'un punt o conjunt de punts d'observació, possibilitant avaluar la mesura en què cada àrea contribueix a la percepció del paisatge i obtenir uns certs paràmetres globals que permetin caracteritzar un territori en termes visuals.

Aquests tipus d'estudi són de gran interès, especialment en treballs mediambientals i de paisatge, sent una eina molt útil en l'avaluació d'impacte ambiental, l'ordenació del territori i l'urbanisme.

2. OBJECTIUS

L'objectiu principal de l'estudi és obtenir la conca visual i calcular el grau de visibilitat del territori des de diferents infraestructures de transport terrestre i rutes senderistes de Mallorca, d'acord amb diferents paràmetres establerts.

Pel que fa a les zones no visibles, s'ha analitzat l'altura a partir de la qual un objecte podria ser visible des dels punts d'observació considerats, sent una informació de gran utilitat des del punt de vista paisatgístic, a l'hora de regular la implantació de determinats elements o instal·lacions sobre la superfície terrestre.

3. METODOLOGIA

L'estudi de visibilitat s'ha realitzat mitjançant l'ús de Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG) que es tracta d'una eina molt potent per aquests tipus d'anàlisi.

A partir d'unes dades base i la definició de diferents paràmetres, s'ha efectuat el seu processament aconseguint tot un conjunt d'informació de visibilitat del territori.

3.1 DADES BASE

Les dades de base estan constituïdes, per una banda, pels **punts d'observació**, i per l'altra, per les **característiques del terreny** (tant de l'àmbit on se situa l'observador com del seu entorn).

Els punts d'observació considerats són els següents:

- Infraestructures de transport terrestre (Viari Unificat de les Illes Balears 2022):
 - o Autopistes i carreteres principals i secundàries que conformen la xarxa viària de Mallorca.
 - o Línies de tren (SFM i tren de Sóller) i metro (SFM).
- Rutes senderistes (Consell Insular de Mallorca):
 - o Ruta de Pedra en Sec GR-221.
 - o Ruta Artà-Lluc GR-222.

- Ruta dels Fars.
- Ruta dels Santuaris.
- Altres rutes:
 - Via Verda Manacor - Artà. Digitalitzada a escala 1:500 a partir de l'ortofoto de 2021.

Esmentar, que les dades s'han depurat, de manera que dins l'anàlisi no s'han considerat els trams de la xarxa que discorren dins nuclis urbans (figura 1) o soterrats (figura 2 i 3).



Figura 1. Tram del tren (SFM) al seu pas pel nucli urbà de Sineu



Figura 2. Túnel a la Via verda. Sant Llorenç des Cardassar

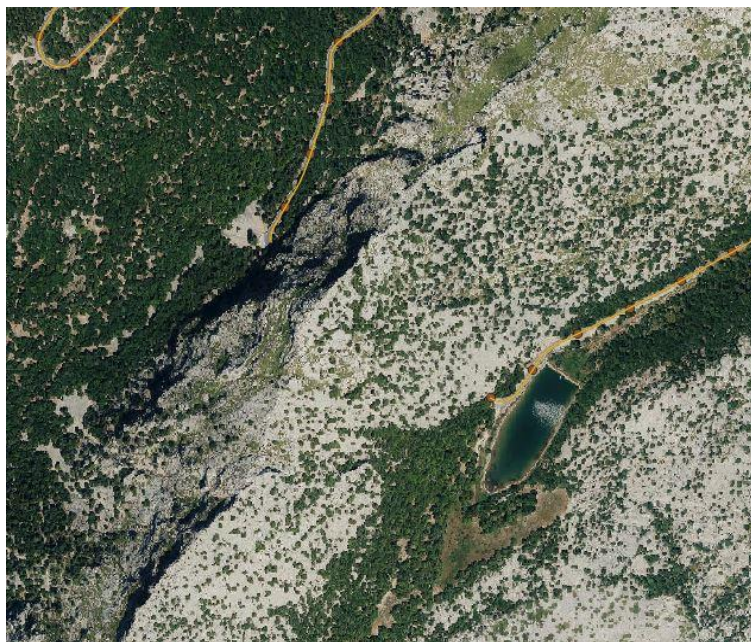


Figura 3. Túnel de Monnàber a la Serra de Tramuntana. Carretera Ma-10

Per a la caracterització del terreny s'ha utilitzat el model digital del terreny (MDT05) i el model digital de superfície (MDS05) amb pas de malla de 5 m, obtinguts a partir de dades LIDAR (**L**ight **D**etection **A**nd **R**anging) i disponibles al centre de descàrregues de l'Institut Geogràfic Nacional (IGN). Es tracta d'una tecnologia que permet mesurar distàncies des d'un emissor làser a un objecte o superfície, proporcionant una informació molt detallada i precisa.

La informació es presenta en diferents fulls que s'han combinat per a obtenir arxius ràsters únics (MDT i MDS) de l'àmbit de Mallorca.

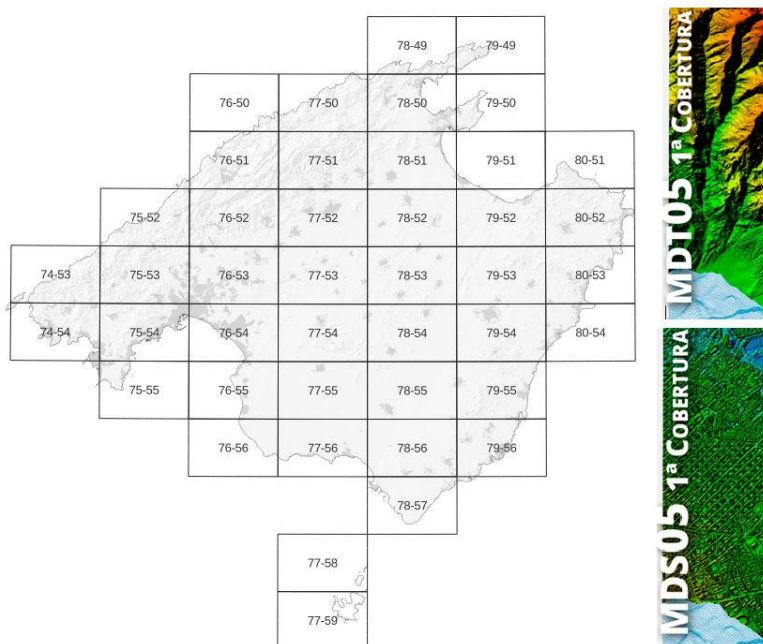


Figura 4. Cobertura de fulls 1: 25.000 per l'àmbit de Mallorca. Font: IGN

El model digital del terreny (MDT) fa referència a la representació de la superfície del sòl, sense objectes a sobre.

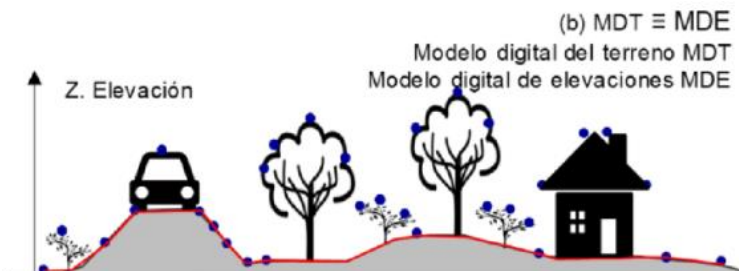


Figura 5. Concepte bàsic del model digital del terreny (MDT)

El model digital de superfície (MDS) es refereix a la representació de la superfície de la Terra inclosos els objectes que hi ha al damunt.

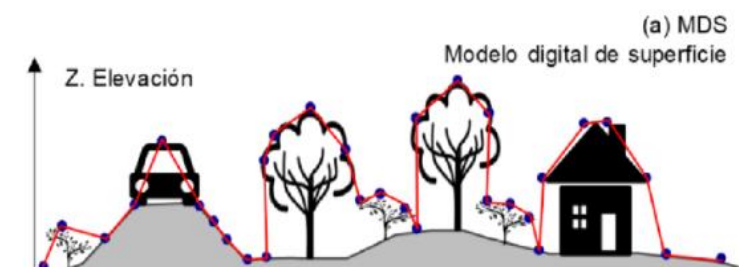


Figura 6. Concepte bàsic del model digital de superfície (MDS)

Així doncs, per a definir les característiques de l'àmbit on se situa l'observador s'ha utilitzat el MDT05 (topografia del terreny), per l'entorn, s'ha utilitzat el MDS05 de manera que es considera tant la topografia del terreny com altres elements naturals (vegetació) o artificials (edificacions) que poden constituir barreres que alterin les visuals.

3.2 PARÀMETRES DEL SISTEMA DE VISIBILITAT

A continuació, es defineixen els paràmetres que determinen les característiques dels punts d'observació per tal d'ajustar el sistema a la realitat.

Els paràmetres considerats són els següents: la freqüència d'observació, l'angle de visió vertical, l'angle de visió horitzontal i l'altura de l'observador.

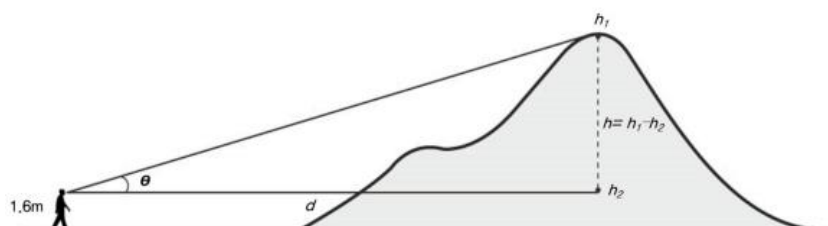


Figura 7. Principals paràmetres del sistema de visibilitat

Freqüència d'observació

La freqüència d'observació fa referència al nombre de punts d'observació que es distribueixen al llarg de la xarxa. L'equidistància entre els punts s'ha definit d'acord amb la correlació negativa que existeix entre l'observació i la velocitat, considerant, de manera general, que a major velocitat, menys observació del paisatge i viceversa.

D'acord amb això, l'equidistància s'ha establert de la següent forma:

- Infraestructures de transport terrestres
 - o Xarxa viària d'acord amb la velocitat màxima de cada via, considerant el nombre de carrils de cada tram:
 - Autopistes, punts cada 120 metres.
 - Ma-15 Carretera Manacor – Palma, punts cada 100 metres.
 - Amb caràcter general carreteres principals i secundàries, punts cada 90 metres.
 - Ma-20 Via de cintura, punts cada 80 metres.
 - o Línies de tren i metro d'acord amb la seva velocitat mitjana
 - Tren SFM, punts cada 80 metres.
 - Metro SFM, punts cada 60 metres.
 - Tren de Sóller, punts cada 25 metres.
- Rutes senderistes i altres vies

Es tracta de rutes que actualment es realitzen principalment a peu, la velocitat variarà en funció del tipus de terreny, però de manera general es pot establir en 5 km/h. No obstant això, per a agilitzar i facilitar el processament de les dades, en els recorreguts a peu s'ha establert una equidistància entre punts de 10 metres.

Angle de visió vertical

Aquest angle, comú per a tots els punts d'observació definits, es correspon amb l'angle de visió del sistema visual humà que és d'uns 130° en el pla vertical: 60° per damunt i 70° per davall de la vertical.

Angle de visió horitzontal (pla de visió horitzontal)

En general, l'angle de visió horitzontal està definit per dos variables: l'angle de visió horitzontal del sistema humà, que se situa en els 180° i la direcció de l'observador/a.

A l'anàlisi, considerant que les xarxes analitzades són de doble sentit, l'angle horitzontal s'ha establert en els 360°.

No obstant així, en el cas del tren i metro, el pla de visió horitzontal de l'observador/a es veu limitat per les característiques d'aquests mitjans de transport. Per tant, l'angle de visió horitzontal s'ha establert en 140° per cada banda, considerant els 70° dels passatgers en sentit de la marxa i els 70° dels passatgers en contramarxa, així, per a un tram amb direcció nord, azimut 0°, l'angle de visió horitzontal s'ha situat entre els 20°-160° i els 200° - 340°. Per a cada punt d'observació s'ha calculat l'angle de visió horitzontal relatiu a partir de l'azimut del segment de la xarxa on se situa.

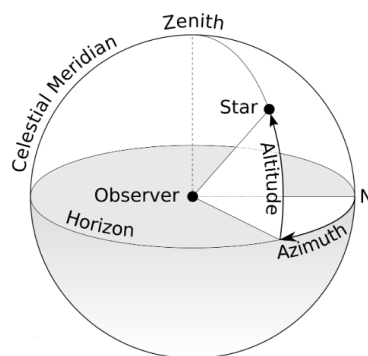


Figura 8. Esquema bàsic dels angles de visió d'un/a observador/a

Altura de l'observador

A les carreteres i rutes, on els desplaçaments es realitzen a peu o en cotxe, l'altura sobre el MDT s'ha establert en 1,60 m, considerada com l'altura mitjana d'un observador.

Pel tren i el metro, l'altura sobre el MDT s'ha establert en 2,5 m, tenint en compte l'altura de visió mitjana d'un passatger.

Altres consideracions

A l'estudi també s'ha tengut en compte la curvatura de La Terra, fet que provoca que a mesura que un element s'allunya en l'espai, la seva altura disminueix. Aquesta pèrdua d'altura relativa es veu compensada per la refracció de la llum.

3.3 PROCESSAMENT DE LES DADES

A partir de les dades d'entrada i els paràmetres esmentats, s'han fet les següents operacions:

3.3.1 VISIBILITAT

Aquesta anàlisi permet, per una banda, conèixer la conca visual des de cada un dels punts d'observació definits (visibilitat), i per l'altra obtenir el valor acumulat que assolixen les diferents zones (visibilitat acumulada).

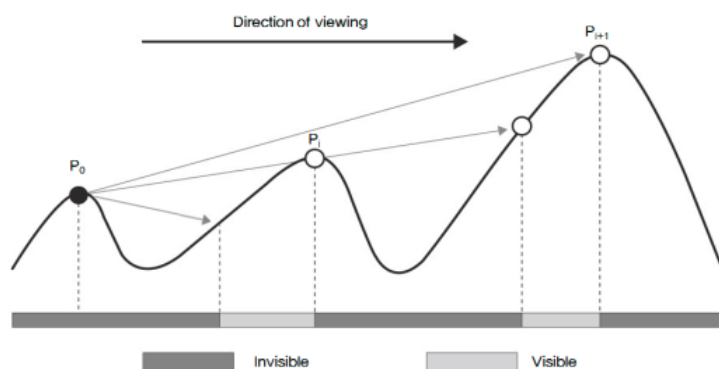


Figura 9. Concepte bàsic de l'anàlisi de visibilitat

Per a la generació de la visibilitat s'han considerat dues distàncies:

- Distància propera (0 m – 1.500 m).
- Mitja i llarga distància (1.500 m – 10.000 m).

S'ha de tenir en compte, que encara que en la mitja i llarga distància la percepció del paisatge es menor, es produeix una visibilitat creuada, de manera que zones que apareixen com a no visibles dins el radi de 1.500 m poden ser visibles des de punts d'observació més llunyans. Aquest fet és important per a poder efectuar un correcte tractament de les dades obtingudes.

La visibilitat conjunta s'ha obtingut a partir de la suma dels valors individualitzats de cada xarxa.

3.3.2 GRAU DE VISIBILITAT

Una vegada es disposa de la visibilitat acumulada de cada àmbit, s'ha determinat el **grau de visibilitat del territori**, de manera conjunta i individualitzada per a cada xarxa. Per a això, els valors s'han ponderat aplicant un factor d'increment (FI) d'acord amb la variable distància des dels punts d'observació, intensificant la visibilitat en funció de la proximitat al punt d'observació.

La zonificació i els factors d'increment aplicats són els següents:

- 0 - 500 m (FI x6).
- 500 m – 1.000 m (FI x4).
- 1.000 m – 1.500 m (FI x2).
- 1.500 m – 10.000 (FI x1).

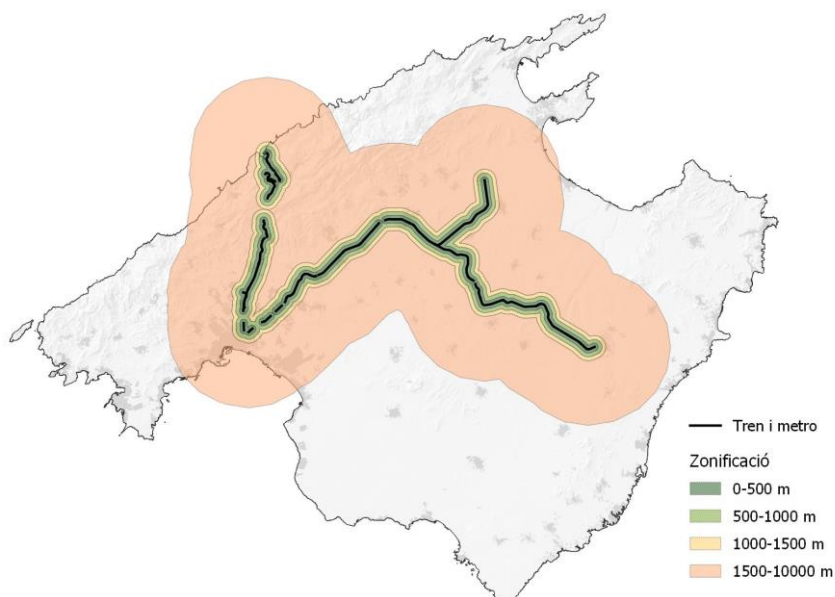


Figura 10. Zonificació establerta per a la xarxa de tren i metro

No obstant això, s'ha de tenir en compte que malgrat la ponderació establerta, algunes zones visibles des de punts d'observació llunyans (entre els 1.500 i 10.000 m) apareixen amb un elevat grau de visibilitat. Aquest fet es produeix en àmbits que són visibles des de multituds de punts d'observació i normalment es correspon amb relleus abruptes, elements destacables sobre el terreny o per zones amb escassetesa de barreres naturals o artificials amb vistes obertes.

Els resultats mostren la visibilitat acumulada d'un àmbit des dels diferents punts d'observació, amb l'aplicació del factor d'increment d'acord amb la distància (figura 11). Per a la seva representació, els rangs aplicats sobre els valors són els següents:

- No visible (0).
- Baix (1 – 19).
- Moderat (20 – 299).
- Alt (300 – 599).
- Molt alt (>600).

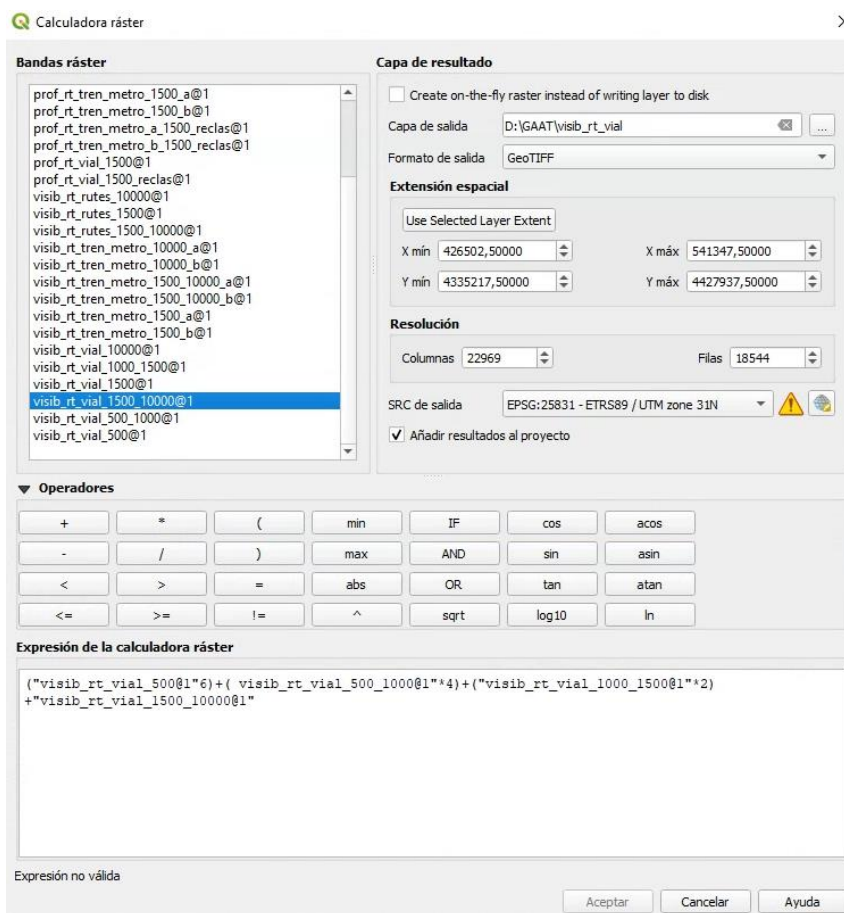


Figura 11. Ponderació dels resultats de carreteres a partir de la zonificació i el factor d'increment aplicat

El grau de visibilitat conjunta s'ha obtingut a partir de la suma dels valors individualitzats de cada xarxa.

3.3.3 PROFUNDITAT D'INVISIBILITAT

Aquesta anàlisi permet conèixer l'altura que ha de tenir un objecte per a ser visible des d'un punt d'observació. Així, per a cada punt no visible del territori es determina l'altura a partir de la qual un element seria visible.

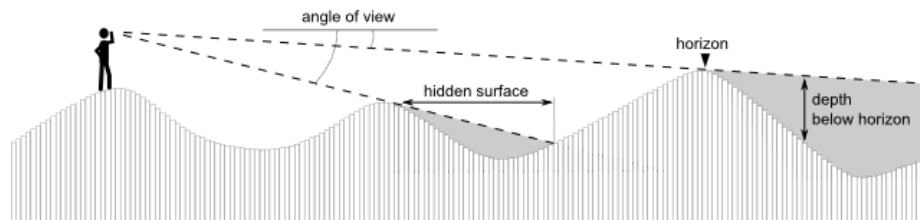


Figura 12. Concepte bàsic de la profunditat d'invisibilitat

Com disposam de múltiples punts d'observació, algunes zones són visibles des de diferents punts, per aquest motiu, per a cada àmbit s'ha calculat el valor mínim d'invisibilitat registrat.

Cal esmentar que aquesta anàlisi s'ha efectuat de manera individualitzada pels radis 1.500 m i 10.000 m.

En el radi 1.500 m es calcula la profunditat dins la distància propera i, per tant, no considera dins l'anàlisi la profunditat d'invisibilitat per a la mitja i llarga distància (>1.500m – 10.000 m).

En el radi 10.000 m es calcula la profunditat global, motiu pel qual la profunditat d'invisibilitat anterior, dins del radi 1.500 m, es pot veure disminuïda pels observadors de la mitja i llarga distància (>1.500 m – 10.000 m).

Per a representar els resultats, els rangs aplicats sobre els valors són els següents:

- 0 < - ≤1 metres.
- 1 < - ≤2 metres.
- 2 < - ≤10 metres.
- 10 < - ≤25 metres.
- 25 < - ≤50 metres.
- 50 < - ≤100 metres.
- 100 < metres.

4. RESULTATS

A continuació, es detalla la cartografia elaborada i els arxius generals i resultants de cada procés. Aquesta informació acompanya el present document tècnic.

4.1 CARTOGRAFIA

VISIBILITAT
Mapa V-00: Visibilitat conjunta
Mapa V-01: Visibilitat tren i metro
Mapa V-02: Visibilitat carreteres
Mapa V-03: Visibilitat rutes senderistes
Mapa V-04: Visibilitat Via verda
GRAU DE VISIBILITAT
Mapa GV-00: Grau visibilitat conjunta
Mapa GV-01: Grau visibilitat tren i metro
Mapa GV-02: Grau visibilitat carreteres
Mapa GV-03: Grau visibilitat rutes senderistes
Mapa GV-04: Grau visibilitat Via verda
PROFUNDITAT INVISIBILITAT
Mapa PI-01: Profunditat d'invisibilitat conjunta 1.500 m
Mapa PI-02: Profunditat d'invisibilitat conjunta 10.000 m

*La cartografia es presenta en format pdf, A1 i escala 1: 150.000

4.2 ARXIUS ASSOCIATS

GENERALS I DADES BASE		
Nom	Descripció	Format
hillshade	Mapa d'ombres	TIF
MDT05_ETRS89_H31	Model digital de terreny combinat	TIF
MDS05_ETRS89_H31	Model digital de superfície combinat	TIF
rt_via_visibilitat	Xarxa carreteres depurada	Shp
rutes_visibilitat	Rutes senderistes depurades	Shp

rt_tren_metro_visibilitat	Xarxa tren i metro depurada	Shp
via_verda	Trams de la Via verda	Shp
viewpoints	Punts d'observació generals	Shp
zonif_rt_vial	Zonificació carreteres	Shp
zonif_via_verda	Zonificació Via verda	Shp
zonif_rt_tren_metro	Zonificació tren i metro	Shp
zonif_rt_rutes	Zonificació rutes senderistes	Shp
VISIBILITAT I GRAU DE VISIBILITAT		
Nom	Descripció	Format
visib_rutes	Visibilitat/grau de visibilitat rutes senderistes	TIF
visib_tren_metro	Visibilitat/grau de visibilitat tren i metro	TIF
visib_vial	Visibilitat/grau de visibilitat carreteres	TIF
visib_via_verda	Visibilitat/grau de visibilitat via verda	TIF
visibilitat_merge	Visibilitat conjunta reclassificat	TIF
grau_visib_merge	Grau de visibilitat conjunta	TIF
PROFUNDITAT D'INVISIBILITAT		
Nom	Descripció	Format
prof_1500	Profunditat d'invisibilitat radi 1.500 m reclassificat	TIF
prof_10000	Profunditat d'invisibilitat radi 10.000 m reclassificat	TIF

*Sistema de coordenades EPSG:25831 (ETRS89 / UTM zona 31N)

5. CONCLUSIONS

Els resultats obtinguts han permès caracteritzar el territori en termes visuals des de les principals infraestructures de transport terrestre, rutes senderistes i via verda, sent una informació de gran utilitat en l'aplicació de mesures i/o polítiques en relació amb l'ordenació del territori i el paisatge.

En tot cas, s'ha de tenir en compte que es tracta d'una foto fixa, de manera que canvis que es puguin produir en les xarxes o en les barreres naturals o artificials afectaran a les visuals.

A més dels paràmetres establerts al sistema de visibilitat, s'ha de considerar que els resultats estan condicionats per la topologia de la pròpia xarxa, en general, un traçat més dens, sinuós o fragmentat implica una major visibilitat per la confluència de conques visuals.

Com s'ha comentat anteriorment, els Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG) són una eina molt potent per aquests tipus d'anàlisi, permetent el processament de multitud de dades i la realització de diferents processos. La millora constant que estan experimentant les dades d'entrada i els models de processament aplicats afavoreixen la qualitat i precisió dels estudis de visibilitat.

Malgrat això, s'ha de tenir en compte que es tracta d'una simplificació de la realitat i que existeixen una sèrie d'errors intrínsecs relatius a les dades i als models aplicats. A més, la visibilitat es pot veure alterada per aspectes com la meteorologia o la quantitat de partícules de llum. Per aquests motius, els resultats obtinguts s'han d'utilitzar únicament com a suport que ajudi i orienti en la presa de decisions.

Palma, 18 de novembre de 2022



Aina Soler Crespí, *arquitecta*

En representació de l'equip tècnic.