



Escola Politècnica Superior  
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

**ENGINYERIA TÈCNICA TOPOGRÀFICA**  
**PROJECTE FINAL DE CARRERA**

**VARIANTS DE LES CARRETERES C-14 I C-1412A AL SEU PAS PER PONTS (LLEIDA)**

**Projectista/es:** Adrián Gómez Zalduondo i Víctor Marí Pons  
**Director/s:** Ana Tapia  
**Convocatòria:** juny / 11



## RESUM

L'objectiu d'aquest projecte es la realització de dues variants. En primer lloc, una variant de la carretera C-14 al seu pas pel municipi de Ponts que voregi el poble per la part nord. L'enllaç d'aquesta variant amb la carretera de Lleida s'ha establert mitjançant una rotonda que s'ha dissenyat expressament. D'altra banda, l'enllaç de la variant amb la carretera de la Seu d'Urgell s'ha realitzat per mitjà d'una rotonda ja existent. La longitud d'aquest tram de variant serà d'uns 2 km aproximadament. L'altra variant enllaça la carretera C-1412a i la C-14 per la part sud-oest del poble de Ponts. Aquesta variant s'ha unit amb la carretera de Calaf mitjançant una bifurcació, i amb la carretera de Lleida mitjançant la rotonda abans esmentada. La longitud d'aquesta variant serà d'uns 2 km aproximadament.

Per a realitzar l'aixecament topogràfic de la zona en qüestió s'ha utilitzat el sistema GPS. Primerament, s'ha establert tot un seguit de punts distribuïts de forma estratègica per tota la zona afectada, els quals constitueixen la xarxa de 6 punts en base a la qual s'han realitzat les posteriors radiacions del terreny. Les medicions de la xarxa s'han realitzat mitjançant el mètode anomenat estàtic, mentre que les radiacions s'han realitzat mitjançant el mètode RTK ja que es tracta d'un mètode ràpid i versàtil; és a dir, un mètode ideal envers les característiques de l'aixecament realitzat.

Per tal de tenir unes coordenades precises de cada una de les bases que formen la xarxa de punts, el càlcul d'aquestes s'ha realitzat en post-procés mitjançant el software SKI-pro.

Un cop obtingudes les coordenades de la xarxa i realitzades les radiacions del terreny, s'ha realitzat el plànol topogràfic de l'aixecament per mitjà del software Microstation, a escala 1: 1000.

Després, amb el software de traçat de carreteres Istram Ispol s'han projectat, en base a la normativa existent, les variants esmentades realitzant els següents processos:

- El disseny de l'eix de les carreteres en planta i alçat.
- L'obtenció dels perfils transversals del terreny.
- El càlcul de la secció transversal de la plataforma.
- L'obtenció de les seccions transversals i les seccions tipus.
- El càlcul de l'eix i l'edició dels perfils.

Finalment, s'han presentat les pautes bàsiques a seguir en la realització d'un estudi d'impacte mediambiental. També s'han establert els procediments necessaris per a la construcció d'una carretera.

## ÍNDEX

1.	INTRODUCCIÓ.....	3
2.	TREBALL DE CAMP.....	3
	2.1.    Disseny i construcció de la xarxa GPS.....	3
	2.2.    Aixecament topogràfic mitjançant RTK.....	4
3.	TREBALL DE GABINET.....	4
	3.1.    Processat de dades GPS.....	4
	3.2.    Realització del plànol.....	6
4.	DISSENY I CàLCUL DE LA CARRETERA.....	7
	4.1.    Norma 3.1-IC.....	7
	4.2.    Dades rellevants en la implantació del traçat.....	8
	4.2.1.    Velocitat.....	8
	4.2.2.    Visibilitat.....	8
	4.3.    Estudi del traçat de l'eix de les variants.....	9
	4.4.    Eix del traçat en planta.....	10
	4.5.    Eix en alçat o rasant.....	10
	4.6.    Secció tipus.....	11
	4.7.    Glorietes.....	12
	4.8.    Software Istram Ispol.....	12
	4.8.1.    Càlcul de l'eix en planta.....	12
	4.8.2.    Perfils transversals del terreny.....	13
	4.8.3.    Disseny de la rasant.....	13
	4.8.4.    Seccions transversals i seccions tipus.....	14
5.	SERVEIS AFECTATS.....	13
	5.1.    Introducció.....	13
	5.2.    Canals de regadiu.....	14
	5.3.    Sèquia de Ponts.....	15
	5.4.    Camí secundari.....	15
6.	PROCESSOS CONSTRUCTIUS D'UNA OBRA LINEAL.....	15
	6.1.    Desbrossament.....	15
	6.2.    Sanejament i demolicions.....	16

6.3.	Moviment de terres.....	16
6.3.1.	Rebrets.....	16
6.3.2.	Excavacions.....	17
6.3.3.	Replantejaments.....	18
6.3.4.	Drenatge.....	19
7.	IMPACTE MEDIAMBIENTAL.....	19
7.1.	Introducció.....	19
7.2.	Sistema hidrològic.....	19
7.3.	Patrimoni cultural.....	20
7.4.	Fauna.....	20
7.5.	Flora.....	20
7.6.	Erosió.....	20
7.7.	Contaminació acústica.....	20
7.8.	Residus.....	20
7.9.	Atmosfera.....	21
8.	CONCLUSIONS.....	21
9.	BIBLIOGRAFÍA I PÀGINES WEB CONSULTADES.....	22

## 1. INTRODUCCIÓ

Els objectius personals en la realització d'aquest projecte han sigut posar en pràctica la majoria de coneixements adquirits durant els estudis d'Enginyeria Tècnica Topogràfica, i en especial, utilitzar el sistema GPS per a fer un aixecament topogràfic de grans dimensions. Aquest sistema constitueix una branca innovadora dins de la topografia i ha sigut menys utilitzat durant la carrera que el sistema de mesures mitjançant estació total. Aquest projecte ens ha permès dominar les tècniques GPS i fer-ne un ús més extens.

La finalitat del projecte, de cara al perquè de la seva realització, ha sigut evitar que els vehicles que circulin per ambdós carreteres hagin de passar, obligatòriament, per dins del poble, optimitzant així el temps de recorregut, disminuint les retencions originades al centre del poble i disminuint la contaminació acústica i la contaminació ambiental provocada pels vehicles.

La zona que s'ha escollit consisteix en una àmplia extensió de camps de cultiu de la que cal destacar que la major part de la seva superfície es gairabé plana, tret de l'àrea per on passarà l'últim tram de la variant de la C-1412a on el terreny presenta un relleu una mica més accidentat. A més, com que es tracta d'una zona de cultiu, no hi ha aglomeracions d'habitatges ni grans infraestructures més que algun camí secundari, una sèquia i alguns canals de regadiu, per tant els serveis que s'han vist afectats han sigut mínims.

Així doncs, un cop revisades i estudiades les característiques de la zona en qüestió i veient els problemes que aquesta presenta, s'ha considerat idoni la implatació de les dues variants i s'ha procedit a l'estudi de camp.

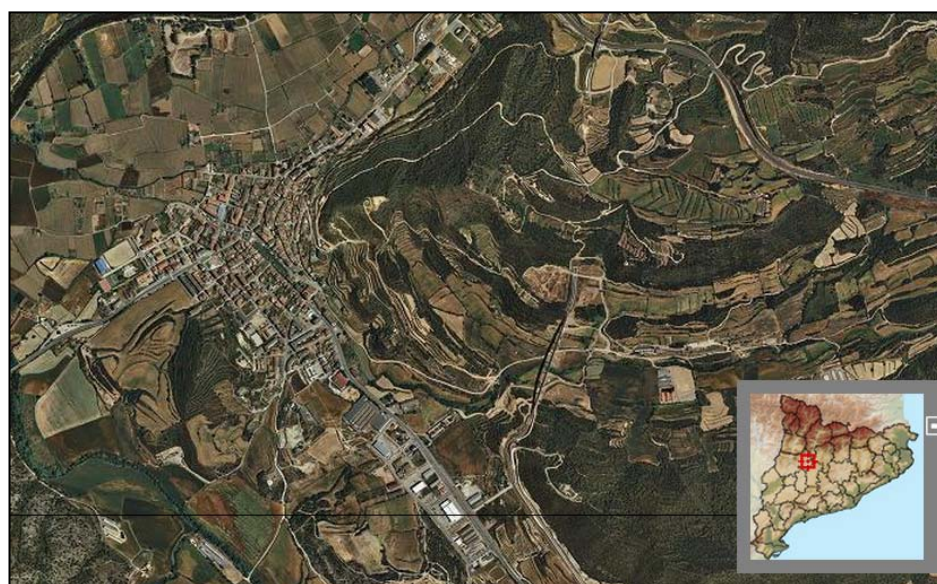


Figura 1: Zona de l'aixecament topogràfic.

## 2. TREBALL DE CAMP

El treball de camp es pot estructurar en dues parts ben diferenciades: Una primera part que consisteix en el disseny i construcció de la xarxa de punts en base als quals es realitzarà l'aixecament topogràfic de la zona per on passaran les dues variants de les carreteres; i una segona part que consisteix en el propi aixecament topogràfic.

### 2.1. Disseny i construcció de la xarxa GPS

Per donar coordenades absolutes a la xarxa s'ha disposat de 2 senyals geodèsiques del ICC molt properes a la zona. A més, s'han materialitzat 6 punts que constituïràn els vèrtex de la nostra xarxa, tenint en compte la seva situació de tal forma que quedin distribuïts per a tota la zona per on hagin de passar les variants. Un cop establerts els punts sobre el terreny s'ha procedit a la realització de les mesures mitjançant el GPS per tal d'obtenir-ne les coordenades.

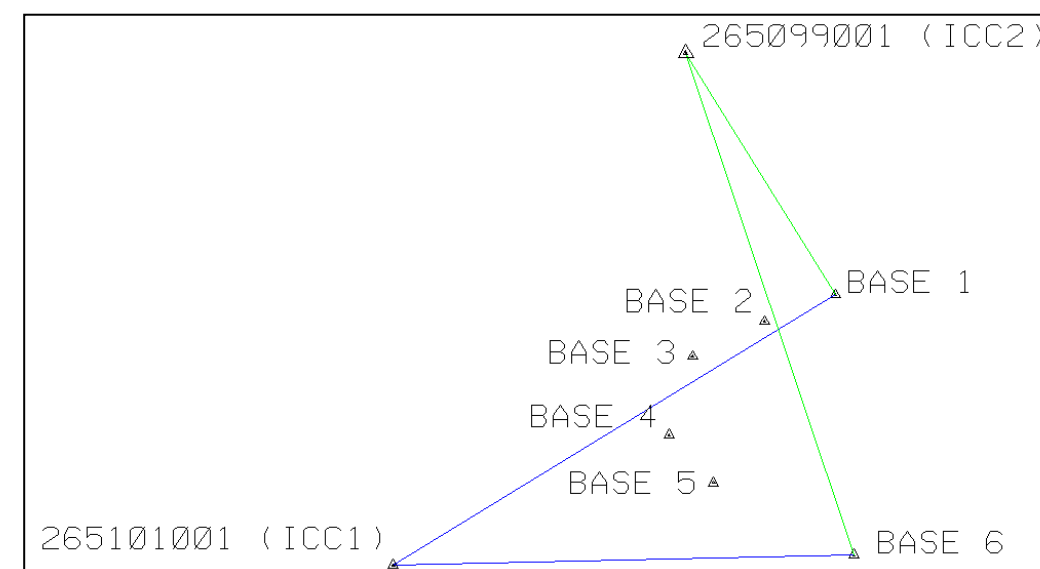


Figura 2: Croquis de tots els vèrtexs amb vectors ICC1 i ICC2 a base 1 i base 6

La metodologia utilitzada ha consistit en estacionar dos aparells Leica GPS 500 en bases diferents, posant-los a mesurar simultàniament per tal d'obtenir, en post-procés, el vector entre ambdós punts. Així doncs, primerament, un dels aparells s'ha quedat fixe en una de les senyals geodèsiques del ICC de coordenades conegudes, mentre que l'altra s'ha estacionat als vèrtex b1 y b6, extrems de la xarxa.

Posteriorment s'han observat els 6 vèrtex de la xarxa obtenint un mínim de 3 vectors per a cada vèrtex, tal i com es representa en la següent figura.

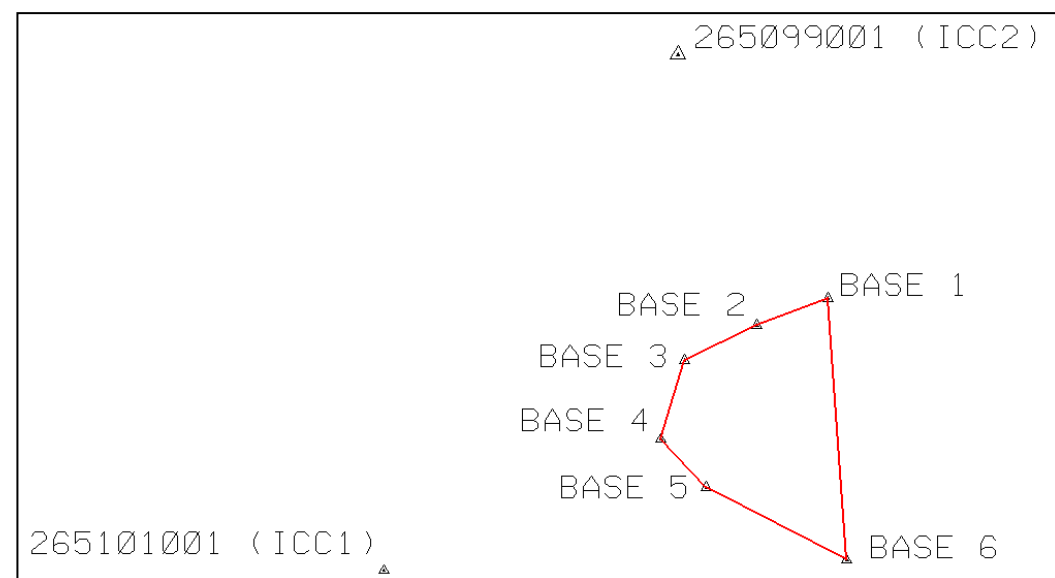


Figura 3: Croquis vectors de 6 vèrtex

La configuració de l'aparell que s'ha utilitzat per a realitzar aquesta xarxa es una configuració en estàtic on s'han registrat les observacions cada 15 segons.

## 2.2. Aixecament topogràfic mitjançant RTK

Per a la realització de les radiacions s'ha fet servir el mètode de RTK mitjançant la utilització de tres aparells GPS500. Un d'aquests aparells s'ha fet servir com a fixa de referència des de cada una de les sis bases de la xarxa. Els altres dos s'han utilitzat com a aparells mòbils per tal de realitzar les radiacions necessàries des de cada base. S'han radiat punts des de les 6 bases degut a que les característiques de l'aixecament com poden ser les grans distàncies entre bases ho requerien. El número aproximat de punts radiats a sigut 3000.

Amb la intenció d'agilitzar el treball de gabinet i degut a les grans dimensions del treball de camp, s'ha optat per treballar directament amb l'assignació d'un codi a cada punt enlloc de realitzar un croquis de cada zona aixecada. Els codis utilitzats s'han definit a l'annex.

## 3. TREBALL DE GABINET

### 3.1. Processat de les dades GPS

Un cop observada la xarxa s'han processat les dades obtingudes mitjançant el software Ski-Pro. Primerament, s'ha creat un projecte nou anomenat Bases\_ETRS89, amb una nova configuració on s'ha definit el sistema de coordenades ETRS89 amb l'el·lipsoide de referència GRS80. No s'ha establert el geoide EGM08 en aquest projecte perquè no es el model de geoide que s'està utilitzant actualment a Catalunya.

Avui dia, el model oficial de geoide per a Espanya és el EGM08\_RED NAP, que és una adaptació del model global EGM08 amb correccions de la RED NAP llegits amb GPS i dades del Sud de França i Portugal.

A Catalunya, el model oficial es el UB91\_ANIV, que esta basat en el UB91 corregit a partir dels punts XdA distribuïts per Catalunya.

Amb l'objectiu d'actualitzar el model de geoide UB91, i analitzar la bondat del model EGM2008\_RED NAP a Catalunya, l'ICC ha realitzat recentment una campanya de mesura de l'altura el·lipsoïdal en els punts de la RED NAP del territori. El resultat és el model de geoide EGM08D595, model gravimètric que justifica l'adopció d'aquest (EGM2008 corregit en 595 mm) per als treballs geodèsics i topogràfics que es realitzin a Catalunya.

Degut a que l'ICC encara no ha proporcionat aquest nou geoide configurat per tal de processar les dades a l'Ski-Pro, s'han realitzat els càlculs sense definir cap geoide així que només s'han obtingut les cotes el·lipsoïdals de cada base. D'aquesta forma, tot el procés de càlcul d'observacions s'ha realitzat amb cotes el·lipsoïdals i, posteriorment, s'ha fet el canvi a cotes ortomètriques tal i com es descriu al final d'aquest apartat.

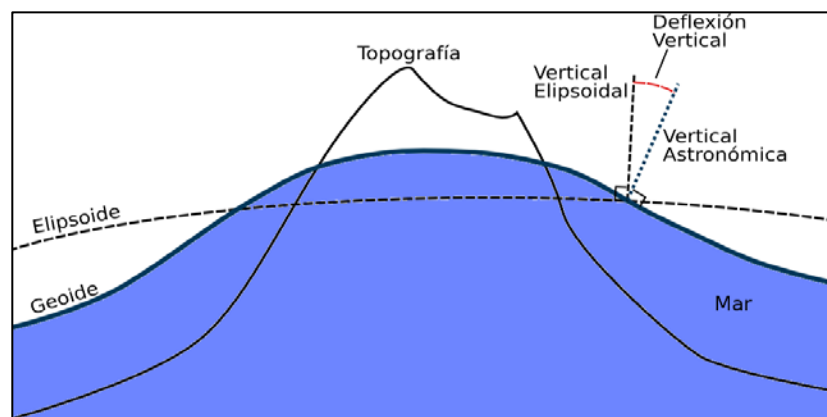


Figura 4: Representació del geoide i l'el·lipsoide.

Així doncs, tornant al processat de l'Ski-Pro tenim que s'han importat les dades crues a partir de les quals s'han calculat els vectors entre bases per tal de realitzar un ajust de les coordenades d'aquestes. Abans de realitzar aquests càlculs, s'han comprovat els offsets dels centres de fase de L1 i L2 de les antenes. Aquestes dades s'han obtingut de la fitxa tècnica de l'aparell.

També s'han suprimit les observacions dels satèl·lits inferiors a cinc minuts amb la finalitat d'obtenir millors resultats.

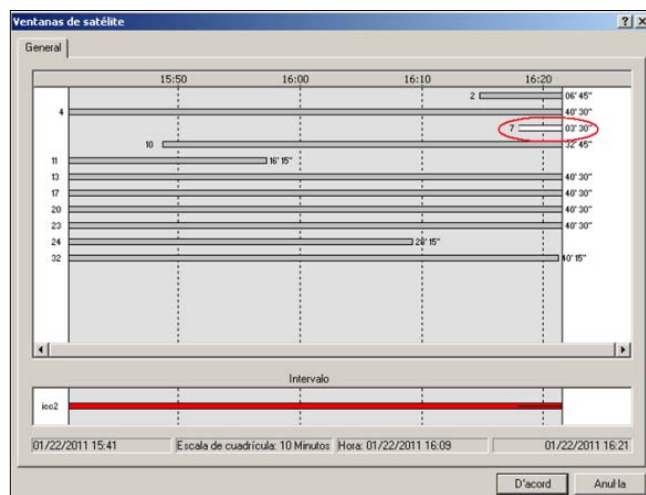


Figura 5: Supressió de lectures < 5 minuts.

Per a l'ajust, s'han imposat les coordenades de dos senyals geodèsiques de l'ICC obtingudes a les ressenyes oficials, i s'han establert com a punts de control de la xarxa:

**ICC-1: (Codi ICC: 265101001):**

Longitud ( $\lambda$ ): 1° 9' 1.24104" E

Latitud ( $\phi$ ): 41° 54' 7.46651" N

**ICC-2: (Codi ICC: 265099001):**

Longitud ( $\lambda$ ): 1° 10' 39.26881" E

Latitud ( $\phi$ ): 41° 56' 22.59424" N

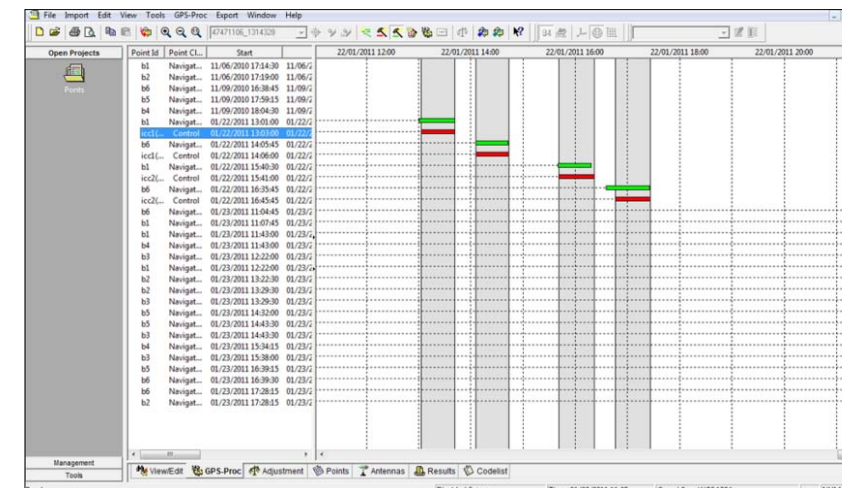


Figura 6: Processat de les dades en Ski-Pro.

Seguidament, s'han calculat els vectors entre aquests dos punts i les bases n°1 i n°6, establint així l'enllaç entre la nostra xarxa i els punts de control.

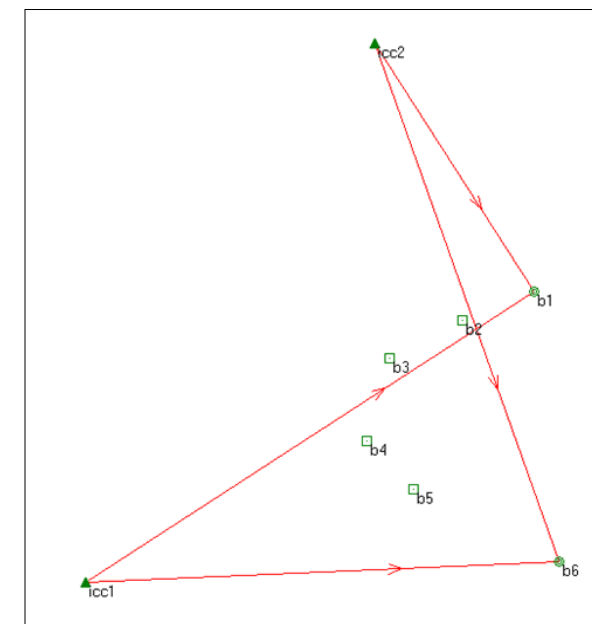


Figura 7: Xarxa inicial de vectors.

Un cop ajustades les estacions 1 i 6, s'ha procedit al càlcul dels vectors entre aquestes dues, considerant-les com a estacions de referència, i les estacions que es varen mesurar simultàniament, considerant-les com a estacions de navegació.

S'ha repetit aquest procediment considerant com a estacions de referència les que, en el processat anterior, eren de navegació per tal de calcular els vectors restants de la xarxa.

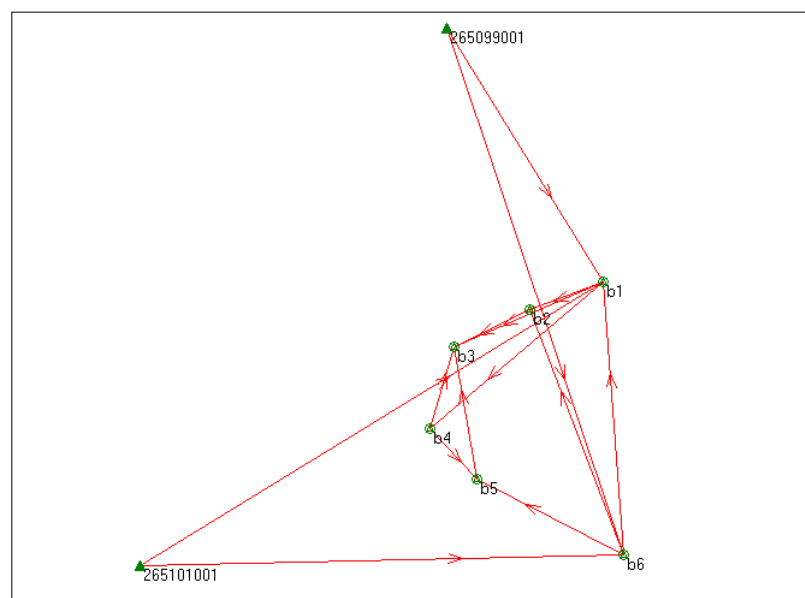


Figura 8: Xarxa final amb tots els vectors.

Després de realitzar tot l'ajustament de la xarxa i obtingudes les coordenades aproximades de les sis estacions, s'han calculat les coordenades corregides d'aquestes mitjançant un ajust per mínims quadrats a partir d'una eina del software Ski-pro.

Els resultats de l'ajust es presenten en un "report" que s'ha adjuntat a l'annex. Les coordenades finals de les estacions de la xarxa en ETRS89 amb cota el·lipsoidal son:

b1	Latitud	41° 55' 20.38831" N
	Longitud	1° 11' 33.17702" E
	Altura	406.5517 m
b2	Latitud	41° 55' 13.03641" N
	Longitud	1° 11' 08.76392" E
	Altura	402.0053 m
b3	Latitud	41° 55' 03.57542" N
	Longitud	1° 10' 43.87590" E
	Altura	400.3847 m
b4	Latitud	41° 54' 42.99667" N
	Longitud	1° 10' 36.33684" E
	Altura	405.3958 m
b5	Latitud	41° 54' 30.74145" N
	Longitud	1° 10' 52.24345" E
	Altura	417.8842 m
b6	Latitud	41° 54' 12.74432" N
	Longitud	1° 11' 41.57101" E
	Altura	454.7885 m

Una vegada s'han obtingut les coordenades finals de les sis bases, s'ha procedit a realitzar les radiacions fent servir les coordenades anteriorment citades com a referència.

Finalment, per tal d'obtenir la cota ortomètrica de tots els punts, s'ha fet servir una eina que ha proporcionat l'ICC que permet la conversió de cotes el·lipsoidals a cotes ortomètriques mitjançant el càlcul de la ondulació del geoide EGM08D595 en cada punt.

### 3.2. Realització del plànol

Per a la realització del plànol s'ha utilitzat el software Microstation v8. Així doncs, s'han dibuixat tots els elements que componen el plànol de la zona aixecada amb la simbolització corresponent com es el tipus de línia, en cas de voler representar un element rectilini com pot ser un límit de camp o una vorera; o un icona gràfic, en el cas de voler representar un senyal de trànsit o una torre elèctrica.

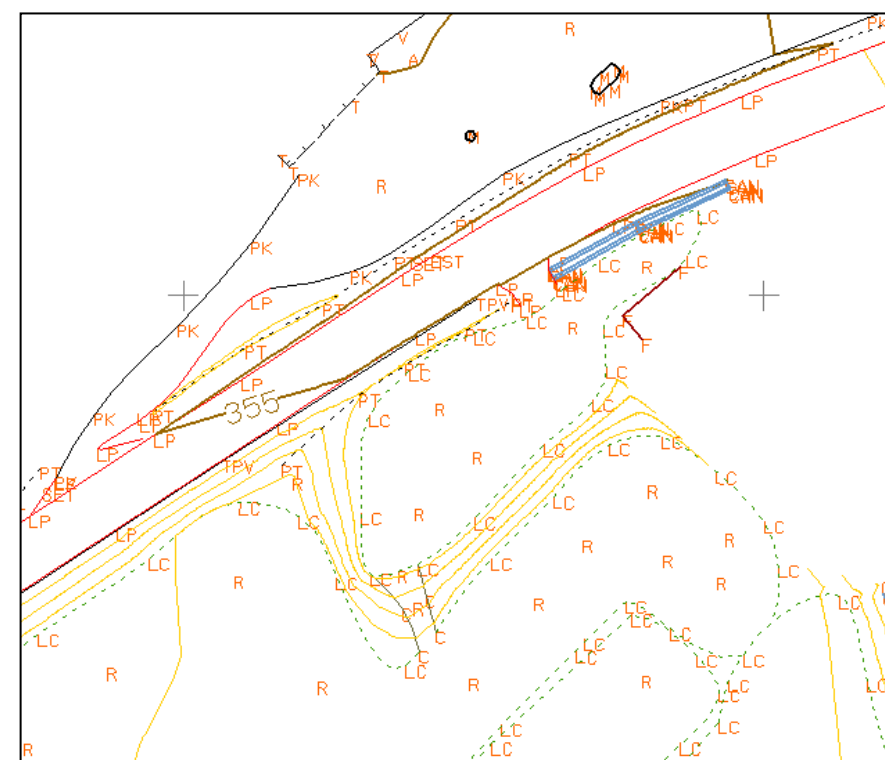


Figura 9: Exemple de codis utilitzats per a la confecció del plànol.

Un cop s'ha realitzat la representació gràfica del terreny, s'ha procedit a la creació del corbat de la zona en qüestió. Això s'ha fet mitjançant una eina anomenada "In roads" que proporciona el software Microstation v8. Aquesta eina permet realitzar la representació de les corbes de nivell a partir de les cotes ortomètriques de tots els punts que componen el plànol, tot i establint quines són les línies de trencament de les corbes. En aquest cas, les línies de trencament són els límits de paviment, voreres, límits de camp, caps i peus de talús, etc. La equidistància, definida en funció de l'escala del plànol, ha



sigut de 1 metro per a les corbes de nivell i 5 metres per a les corbes mestres. Així doncs, la escala a la qual s'ha representat el plànol ha sigut 1/1000.

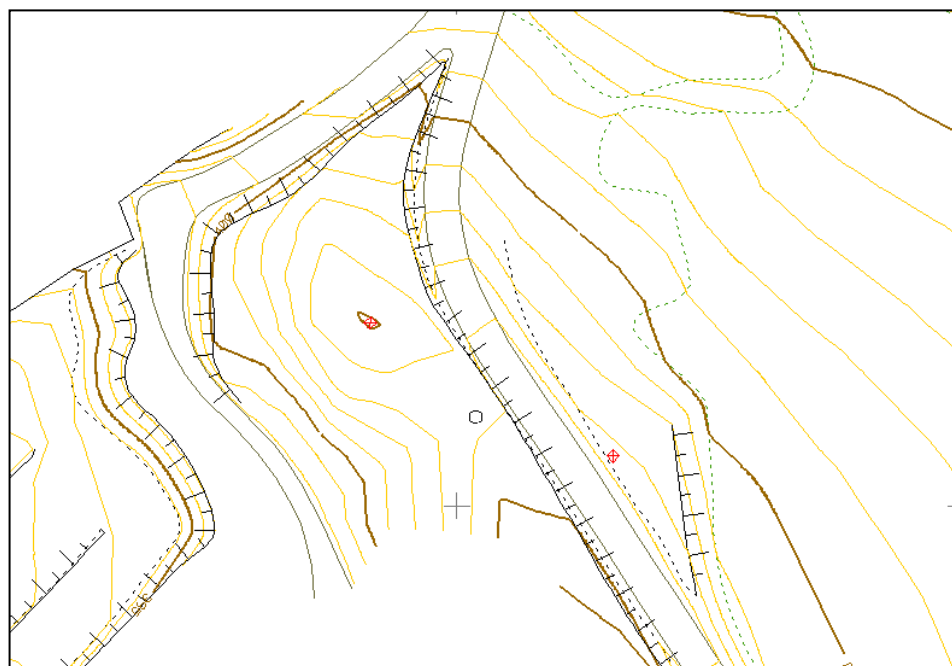


Figura 10: Corbes de nivell.

#### 4. DISSENY I CÀLCUL DE LA CARRETERA

L'estudi i el càlcul de tots els elements que componen una carretera s'ha dut a terme per mitjà del software Istram Ispol v9, que consisteix en un programa de traçat de carreteres molt utilitzat en topografia pel seu caràcter innovador i competent, i que ofereix grans possibilitats i recursos per tal de realitzar projectes d'obra lineal d'aquest tipus. Aquest estudi i càlcul s'ha realitzat prenent com a document base la "Norma 3.1-IC. Trazado, de la instrucció de carreteras".

##### 4.1. Norma 3.1-IC.

Aquesta norma presenta les especificacions dels elements bàsics per a l'estudi o projecte d'un traçat de carreteres. Els seus capítols i apartats recullen les condicions relatives a la planta, alçat i secció transversal, i els criteris generals que s'han d'observar per tal d'obtenir una coordinació adequada entre totes elles. També inclou els criteris necessaris per a la seva aplicació a seccions transversals especials i nusos.

Condicions generals de la Norma 3.1-IC:

- El traçat s'adaptarà a les necessitats de la circulació presents i a les previsibles en un futur, tenint en compte la importància del cost del transport, en especial en trams on la intensitat del trànsit sigui alta.
- Es tindrà en compte les afeccions del traçat a l'entorn, segons l'ús actual i futur del sol, així com l'impacte mediambiental.
- S'haurà d'aconseguir una homogeneïtat de característiques geomètriques tal que indueixi al conductor a circular sense fluctuacions excessives de velocitat, en condicions de seguretat i comoditat. Per això, s'evitaran els punts on les característiques geomètriques obliguin a disminuir bruscament la velocitat i es facilitarà l'apreciació de les variacions necessàries de velocitat mitjançant canvis progressius dels paràmetres geomètrics i amb l'ajuda de la senyalització.
- L'adequació de les característiques de les carreteres existents a les d'aquesta Norma, es realitzarà d'acord amb els plans i programes d'inversió que s'aprovin.
- El contingut d'aquesta Norma té com a finalitat definir la redacció d'estudis de carreteres en matèria de traçat, que proporcionen unes característiques adequades de funcionalitat, seguretat i comoditat de la circulació compatibles amb les consideracions econòmiques i ambientals.

## 4.2. Dades rellevants en la implantació del traçat

### 4.2.1. Velocitat

El traçat d'una carretera es definirà en relació directa amb la velocitat a la que es desitja que circulin els vehicles amb condicions de comoditat i seguretat acceptables.

Per avaluar com es distribueixen les velocitats en cada secció, es consideraran fixos els factors que incideixin en ella relacionats amb la classe de carretera i la limitació genèrica de velocitat associada a ella, així com les característiques pròpies de les seccions pròximes.

Es consideraran essencialment variables la composició del tràfic (en particular el percentatge de vehicles pesats) i la relació entre la intensitat de la circulació i la capacitat de la carretera.

A efectes de aplicació de la present Norma, es defineixen les següents velocitats:

- Velocitat específica d'un element de traçat (Ve): Màxima velocitat que pot mantenir al llarg d'un element de traçat considerat aïlladament, en condicions de seguretat i comoditat, quan trobant-se el paviment humit i els pneumàtics en bon estat, les condicions meteorològiques, del trànsit i legals són tals que no imposen limitacions a la velocitat.
- Velocitat de projecte d'un tram (Vp): Velocitat que permet definir les característiques geomètriques mínimes dels elements del traçat, en condicions de comoditat i seguretat. La velocitat de projecte d'un tram s'identifica amb la velocitat específica mínima del conjunt d'elements que el formen. En aquest cas, la velocitat de projecte escollida en funció de les característiques de la carretera existent ha sigut de  $V_p = 100$  km/h.
- Velocitat de planejament d'un tram (V): Mitjana harmònica de les velocitats específiques dels elements de traçat en planta de trams homogenis de longitud superior a dos quilòmetres (2 km), donada per l'expressió:

$$V = (S l_k) / S (l_k / V_{ek})$$

$l_k$  = longitud de l'element k.

$V_{ek}$  = velocitat específica de l'element k.

En estudiar el traçat d'un tram es calcularà la velocitat de planejament i es compararà, tant amb la velocitat de projecte, com amb les velocitats de planejament dels trams adjacents, per estimar l'homogeneïtat de la geometria del tram. Les velocitats de projecte i de planejament que s'adoptin, estaran en general definides pels estudis de carreteres corresponents, en funció dels següents factors:

- Les condicions topogràfiques i de l'entorn.
- Les consideracions ambientals.

- La consideració de la funció de la via dins el sistema de transport.
- L'homogeneïtat de l'itinerari o trajecte.
- Les condicions econòmiques.
- Les distàncies entre accessos, i el tipus d'aquests.

### 4.2.2. Visibilitat

En qualsevol punt de la carretera l'usuari té una visibilitat que depèn, a efectes d'aquesta norma, de la forma, dimensions i disposició dels elements del traçat. Per a que les diferents maniobres puguin efectuar-se de forma segura, cal una visibilitat mínima que depèn de la velocitat dels vehicles i del tipus de maniobra. Aquesta norma considera les següents: Visibilitat de parada, visibilitat d'avançament i visibilitat d'encreuament.

#### 4.2.2.1. Distància de parada

Es defineix com a distància de parada ( $D_p$ ) la distància total recorreguda per un vehicle obligat a aturar tan ràpidament com li sigui possible, mesurada des de la seva situació en el moment d'aparèixer l'objecte que motiva la detenció. Comprèn la distància recorreguda durant els temps de percepció, reacció i frenat. Es calcula mitjançant l'expressió:

$$D_p = [(V \cdot t_p) / 3,6] + [V^2 / (254 \cdot (f_l + i))]$$

Sent:

- $D_p$  = distància de parada (m).
- $V$  = velocitat (km / h).
- $f_l$  = coeficient de fregament longitudinal roda-paviment.
- $i$  = inclinació de la rasant (en tant per un).
- $t_p$  = temps de percepció i reacció (s)

A efectes d'aplicació d'aquesta norma es considerarà com a distància de parada mínima, l'obtinguda a partir del valor de la velocitat de projecte.

A efectes de càlcul, el coeficient de fregament longitudinal per a diferents valors de velocitat s'obindrà de la taula 1. Per a valors intermedis d'aquesta velocitat es pot interpolar linealment en aquesta taula. El valor del temps de percepció i reacció es prendrà igual a dos segons (2 s).

Vp (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
fl	0,432	0,411	0,39	0,369	0,348	0,334	0,32	0,306	0,291	0,277	0,263	0,249

Taula 1: Fregament longitudinal en funció de Vp

#### 4.2.2.2. Visibilitat de parada

Es considerarà com a visibilitat de parada la distància al llarg d'un carril que hi ha entre un obstacle situat sobre la calçada i la posició d'un vehicle que circula cap a aquest obstacle, en absència de vehicles intermedis, en el moment en què es pot divisar sense que després desaparegui de la seva vista fins a arribar a aquest.

A efectes d'aplicació d'aquesta norma, les altures de l'obstacle i del punt de vista del conductor sobre la calçada es fixen en vint centímetres (20 cm) i un metre amb deu centímetres (1,10 m) respectivament.

La distància del punt de vista a l'obstacle es mesurarà al llarg d'una línia paral·lela a l'eix de la calçada i traçada a un metre i cinquanta centímetres (1,50 m) de la vora dreta de cada carrer, per l'interior del mateix i en el sentit de la marxa.

La visibilitat de parada s'ha de calcular sempre per a condicions òptimes d'il·luminació, excepte en el dimensionament d'acords verticals còncaus, en aquest cas es consideraran les condicions de conducció nocturna (apartat 5.3.2.1).

La visibilitat de parada serà igual o superior a la distància de parada mínima, i és desitjable que superi la distància de parada calculada amb la velocitat de projecte incrementada en vint quilòmetres per hora (20 km/h). En qualsevol d'aquests casos es diu que hi ha visibilitat de parada.

La condició del paràgraf anterior no és aplicable per al cas en què es incorregués en costos econòmics, mediambientals, socials, afeccions al patrimoni arqueològic, artístic, històric, etc. Desproporcionats als increments de seguretat obtinguts, donant en tot cas compliment a els articles 4 i 5 d'aquesta norma. (Paràgraf incorporat per l'Ordre Ministerial de 13 de setembre de 2001).

En el cas que les causes per les quals no hi hagi visibilitat de parada mínima siguin prou justificades, s'han d'establir les mesures oportunes.

#### 4.2.2.3. Distància d'avançament

Es defineix com a distància d'avançament (Da), la distància necessària per a que un vehicle pugui avançar a un altre que circula a menor velocitat, en presència d'un tercer que circula en sentit oposat.

A efectes d'aplicació d'aquesta norma, s'han de prendre els valors indicats en la taula 2.

Vp (km/h)	40	50	60	70	80	90	100
Da (m)	200	300	400	450	500	550	600

Taula 2: Distàncies d'avançament en funció de Vp

Sent:

- Vp = velocitat de projecte.
- Da = distància d'avançament.

#### 4.2.2.4. Visibilitat d'avançament

Es considerarà com a visibilitat d'avançament la distància que hi ha al llarg del carril pel qual es realitza el mateix, entre el vehicle que efectua la maniobra d'avançament i la posició del vehicle que circula en sentit oposat, en el moment en què pot divisar, sense que després desaparegui de la seva vista fins a finalitzar l'avançament.

A efectes d'aplicació d'aquesta norma, per al càlcul de la visibilitat d'avançament, es considera que el punt de vista del conductor igual que el del vehicle contrari se situa a un metre amb deu centímetres (1,10 m) sobre la calçada.

La distància entre el vehicle que avança i el que circula en sentit oposat, es mesurarà al llarg de l'eix de la carretera.

Es procurarà obtenir la màxima longitud possible en que la visibilitat d'avançament sigui superior a la distància d'avançament (Da) en carreteres de dos sentits en una calçada. On s'obtingui, es diu que hi hagi visibilitat d'avançament i la seva proporció desitjable és del quaranta per cent (40%) per cada sentit de circulació i el més uniformement repartit possible.

#### 4.3. Estudi del traçat de l'eix de les variants

Un cop hem definit les dades necessàries segons la normativa, cal iniciar l'estudi del traçat de l'eix de les carreteres i de les dues rotondes que es volen implantar. Primerament, i tenint en compte una velocitat de projecte de 100 km/h, s'ha establert sobre el plànol topogràfic diferents opcions d'eix per tal de trobar la millor opció en quan a velocitat de projecte i a radis de gir en cada corba seguint els valors establerts a la norma.

Pel que fa a la implantació de les rotondes, les dues s'han centrat sobre les carreteres ja existents, per tal de no modificar-les. Degut a que es tracta de una via ràpida, el radi de les rotondes s'han intentat definir el més gran possible tenint en compte l'espai del que disposàvem i els enllaços als nous traçats.

#### 4.4. Eix del traçat en planta

La projecció de l'eix en planta normalment es realitza sobre corbes de nivell, estructures o traçats ja existents. Així doncs, la implantació de l'eix es realitza sobre un model digital del terreny, que en aquest cas s'ha creat a partir de la eina "In roads", per tal de que el traçat de l'eix en qüestió estigui en ple acord amb les variacions que presenta el terreny i, per tant, estigui disposat a la cota correcta en cada un dels seus punts.

Un eix esta format per un seguit d'alineacions que son tangents entre si i que estan formades per un recta, una corba circular o una clotoide.

Per als trams de recta, a la Norma 3.1-IC s'estipulen unes longituds mínimes i màximes en funció de la velocitat de projecte, on:

- $L_{min,s}$  = Longitud mínima (m) per a traçats en "S" (alineació recta entre alineacions corbes amb radis de curvatura de sentit contrari).
- $L_{min,o}$  = Longitud mínima (m) per a la resta de casos (alineació recta entre alineacions corbes amb radis de curvatura del mateix sentit).
- $L_{max}$  = Longitud màxima
- $V_p$  = Velocitat de projecte (km/h)

Vp (Km/h)	Lmin "s"	Lmin "o"	Lmàx.
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004

Taula 3: Longituds mínimes i màximes en funció de Vp

Els radis i peralts utilitzats en aquest projecte per a les corbes circulars són els valors establerts en la norma 3.1-IC per a vies ràpides indicats en la següent taula:

250 m < R < 700 m	p = 8 %
700 m < R < 5000 m	$P = 8 - 7,3(1-700/R)^{1,3}$
5000 m < R < 7500 m	P = 2 %
7500 m < R	Bombeo

Taula 4: Taula de radis i peralts

S'ha donat el cas que en un tram de la variant C-1412a el radi mínim ha sigut de 150 metres, degut a que les característiques del tram en qüestió no permetien encaixar un radi més gran. Per tant la velocitat específica en aquest tram s'ha vist reduïda a 70 km/h i el peralt emprat ha sigut del 7%.

Les corbes de transició o clotoides, s'han determinat a partir del seu paràmetre característic (A), els valors del qual s'han establert a partir de les taules que proporciona el software ISTRAM ISPOL v9. Aquestes taules contenen els paràmetres definits segons la norma.

#### 4.5. Eix en alçat o rasant

Un vegada s'han definit els eixos en planta, el següent pas és definir la rasant mitjançant una successió d'alineacions i acords còncaus i convexos. Per dissenyar la rasant és necessari disposar del perfil longitudinal del terreny i en aquesta ocasió cal visualitzar i analitzar la posició de punts de pas obligatori. En aquest cas, la rasant s'ha d'encaixar amb la rotonda d'entrada al poble de Ponts venint de la Seu d'Urgell, amb la intersecció de la variant de la C-14 amb la carretera de Lleida; i finalment amb la intersecció de la variant de la C-1412a amb la carretera de Barcelona.

En funció del signe del pendent (positiva o negativa) es distingeixen dos tipus de rasant: quan les pendents son positives (pujada), i quan es tracta de pendents negatives(baixada). El sentit que s'ha considerat serà el de l'avanç dels PKs.

A la Norma 3.1-IC es defineixen uns valors màxims d'inclinació (en %) aplicables tant a rampes com a pendents:

Vp (km/h)	Calçades separades		Calçada única			
			Via ràpida		Carretera convencional	
	Rampa	Pendent	Màxima	Excepcional	Màxima	Excepcional
120	4%	5%	-	-	-	-
100	4%	5%	4%	5%	4%	5%
80	5%	6%	5%	6%	5%	7%
60	-	-	-	-	6%	8%
40	-	-	-	-	7%	10%

Taula 5: Valors d'inclinació per rampes i pendents en funció de Vp.

Els valors excepcionals que figuren en la taula podrien incrementar en un 1%, en els casos següents:

- Existència d'un relleu catalogat com a molt accidentat, no és el cas del nostre projecte
- Tractar d'una via de baixa intensitat de trànsit. En el cas de vies ràpides on estigui prevista una duplicació de calçada, només es considerarà la inclinació màxima.
- Per evitar problemes de drenatge superficial, també s'ha de fixar un valor mínim d'inclinació, de manera que permeti un correcte desguàs longitudinal a través de les cunetes. La normativa per a aquest sentit fixa un valor mínim de 0.5% que es pot veure reduït a un 0.2% sempre que la línia de màxim pendent en qualsevol punt de la plataforma superi el 0.5%

En aquest projecte, en els trams de sortida i arribada de les variants a les glorietses s'han imposat uns valors del 2% de pendent de tal forma que els enllaços d'aquests elements s'estableixin mantenint la

mateixa pendent. En el cas de la variant C-14, per als trams intermedis s'han establert les inclinacions mínimes del 0,5%, definides en el paràgraf anterior, ja que el relleu es molt poc accidentat i per tal de garantir un correcte drenatge superficial. En el cas de la variant C-1412a s'han establert pendents mínimes del 0,75% en el tram més pla, mentre que la pendent màxima que s'ha definit ha sigut gairebé del 6% ja que es tracta de la zona on el relleu es més accidentat. Aquest fet comporta una disminució de la velocitat de projecte que passarà a ser de 80 km/h en aquest tram.

### Acords verticals

La corba d'acord serà una paràbola d'eix vertical d'equació:

$$y = x^2 / 2 \cdot K_v$$

sent  $K_v$ , el radi de la circumferència osculatriu en el vèrtex d'aquesta paràbola, denominat comunament paràmetre. Definint  $q$  com el valor absolut de la diferència algebraica de les inclinacions en els extrems de l'acord en tant per un, es complirà que  $K_v = L / q$ , sent  $L$  la longitud de la corba d'acord i  $T = L / 2$ .

Els valor de  $K_v$  utilitzats en aquest projecte son els que proporcionen les taules del software ISTRAM ISPOL v9.

### Consideracions de visibilitat

Per longituds de la corba d'acord superiors a la visibilitat requerida en cada cas, el valor del paràmetre  $K_v$ , vindrà donat per les expressions següents:

- A acords convexos:  $K_v = D^2 / (2 \cdot (H_{11} / 2 + H_{21} / 2)^2)$
- A acords còncaus:  $K_v = D^2 / (2 \cdot (h - h_2 + D \cdot TGA))$

Sent:

$K_v$  = paràmetre de la paràbola (m).

$h_1$  = alçada del punt de vista sobre la calçada (m).

$h_2$  = altura de l'objecte sobre la calçada (m).

$h$  = alçada dels fars del vehicle (m).

$a$  = angle que el raig de llum de major pendent del con de llum forma amb l'eix longitudinal del vehicle.

$D$  = visibilitat requerida (m).

Per comprovar l'exigència de visibilitat de parada en els acords es considerarà:

$$h_1 = 1,10 \text{ m}; h_2 = 0,20 \text{ m}; h = 0,75 \text{ m}; a = 1^\circ$$

Si es vol exigència de visibilitat d'avançament en els acords convexos es considerarà:

$$h_1 = h_2 = 1,10 \text{ m}$$

### 4.6. Secció Tipus

Els elements que constitueixen la secció tipus d'aquest projecte son: calçada, arcén, berma, cuneta, berma de rebuig, desmunt, terraplè i paquet de fers. El valor d'aquests elements s'ha obtingut de l'apartat 7.3. Secció transversal en planta i recta de la Norma 3.1-IC. En aquest cas, com que es tracta d'una via ràpida de calçada única els valors utilitzats són els següents:

- Calçada:
  - Carretera: 3,5 m per carril
  - Glorieta: 4,5 m per carril
- Voral:
  - Carretera: 2,5 m
  - Glorieta: 1,5 m exterior i 1 m interior
- Desmunt:
  - Berma:  $BD = 0,75 \text{ m} / H = 0,03 \text{ m}$
  - Cuneta:  $CA = 0,9 \text{ m} / CC = 0 \text{ m} / CD = 0,6 \text{ m} / ZC = 0,15 \text{ m}$  (Tipus transitable)
  - Terra / Bovada:  $ZD1 = 100 \text{ m} / D1 = 1,5 \text{ m}$
- Terraplè:
  - Berma:  $BT = 0,75 \text{ m} / H = 0,03 \text{ m}$
  - Terraplè:  $ZT1 = 100 \text{ m} / T1 = 1,5 \text{ m}$
- Berma de rebuig:  $BR = 0,75 \text{ m} / H = 0,03 \text{ m}$
- Paquet de fers:
  - Gruix total = 0,50 m
    - 0,05 m de rodadura
    - 0,07 m d'intermitja
    - 0,13 m de base
    - 0,25 m de sub-base

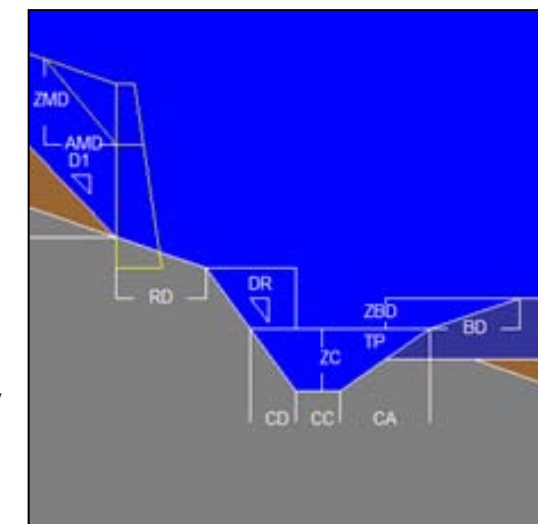


Figura 11: Secció Desmunt

#### 4.7. Glorietes

Per el disseny de les glorietses s'han fet servir les "Recomanacions de Glorietes" que proporciona el Ministeri de Foment de la Direcció General de Carreteres.

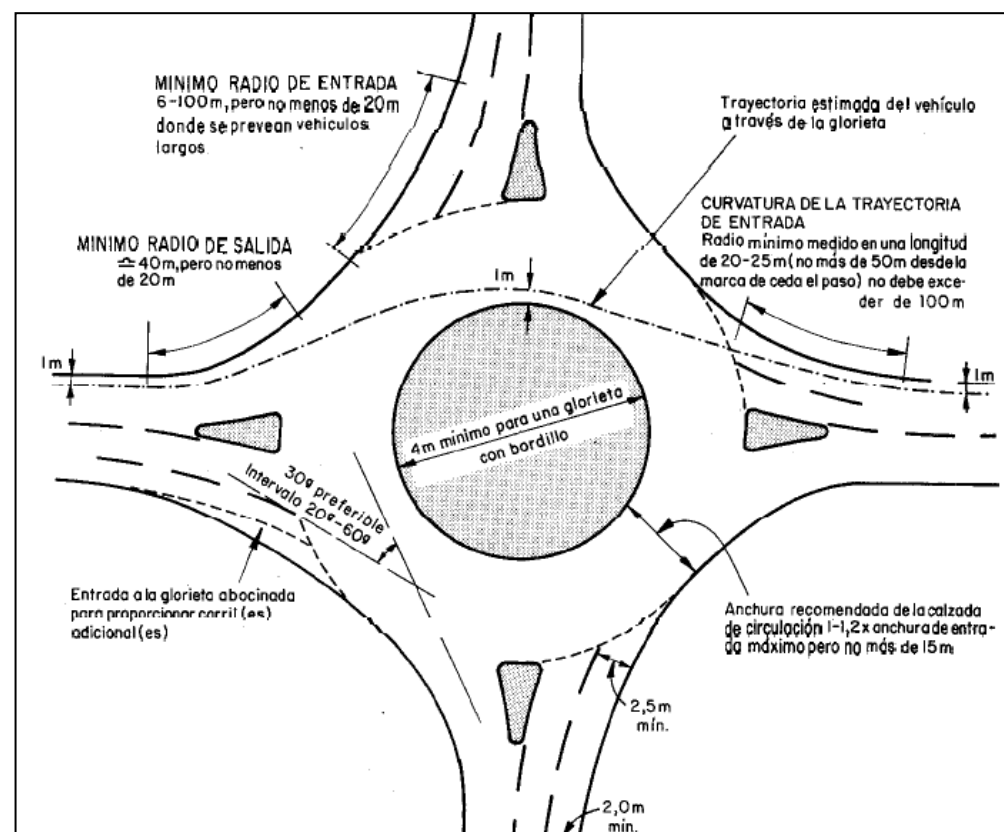


Figura 12: Esquema de glorieta

Així doncs, els radis d'entrada en aquest projecte, han sigut mínim de 6 metres, encara que en els llocs on es disposava d'espai suficient, s'han utilitzat radis de 10 metres. Per als radis de sortida, s'ha considerat un radi mínim de 20 metres.

Les dues glorietses dissenyades son de dos carrils de 4,5 metres amb un peralt del 2%

#### 4.8. Software Istram Ispol

##### 4.8.1. Càlcul de l'eix en planta

Primer de tot s'ha importat la cartografia al software Istram Ispol v9. El següent pas ha sigut la definició de l'eix en planta mitjançant una sèrie d'alineacions tenint en compte la velocitat de projecte (Vp) definida anteriorment a la "Norma 3.1-IC". El procés de càlcul dels eixos serà igual per a les dues variants.

Aquestes alineacions poden ser rectes o corbes circulars i es definiran en funció del tipus. Els tipus utilitzats en aquest projecte son:

- Alineació de tipus 0: Fixa, definida per 2 punts i radi. Establim el punt inicial P1 (X1,Y1) i final P2 (X2,Y2) de la recta i el radi (R) = 0 m.
- Alineació de tipus 5: Fixa, definida per el centre i radi > 0 m. Establim el centre de la circumferència P1(X1,Y1), el radi (R) i la longitud (LxPi)
- Alineació de tipus 8: Flotant, definida pel radi (R) > 0 m.

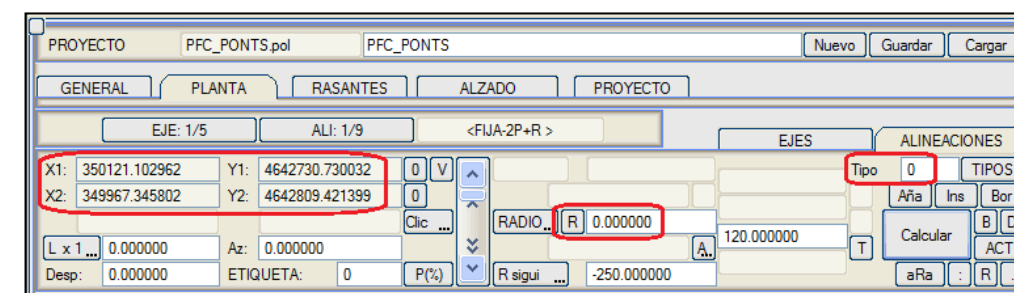


Figura 13: Exemple d'alineació recta.

Seguidament, després de definir-se totes les alineacions principals s'ha procedit a la introducció dels paràmetres geomètrics de les corbes d'acord horitzontal, en aquest cas clotoïdes. A més, el software disposa de taules que contenen els paràmetres característics de les clotoïdes extrets de la Norma 3.1-IC.

Finalment, guardarem tots els càlculs dels eixos en un arxiu d'extensió \*.cej.

D'altra banda podrem accedir a un llistat amb tota la informació de les alineacions.

### 4.8.2. Perfils transversals del terreny

Després de definir els eixos en planta s'han d'obtenir els perfils transversals del terreny. Per això, s'han definit els següents paràmetres:

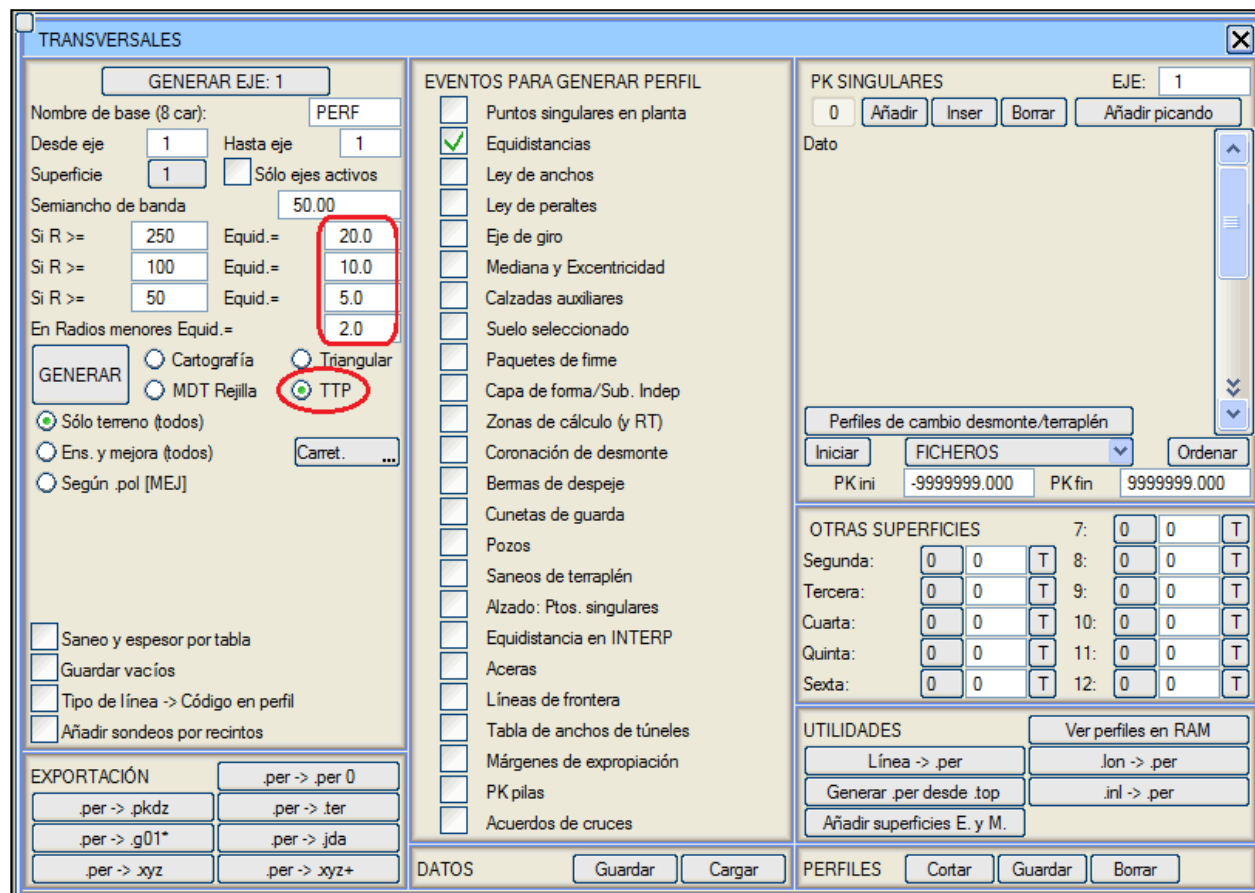


Figura 14: Menú d'obtenció de perfils transversals

### 4.8.3. Disseny de la rasant

Per definir la rasant accedim al menú "RASANTE" on apareix automàticament el perfil longitudinal del terreny obtingut a partir dels perfils transversals generats a l'apartat anterior. En el cas de les variants, s'han definit les alineacions inicial i final amb una pendent del 2% per tal d'ajustar-se al peralt de les glorietes. La resta d'alineacions s'han ajustat el màxim possible al terreny per a que el moviment de terres fos mínim i tenint en compte una pendent mínima del 0,5% per tal de garantir el drenatge superficial.

En el cas de les glorietes, la rasant s'ha definit per mitjà de tres punts i s'ha ajustat a les carreteres existents i a les variants dissenyades.

Un cop definides les alineacions de la rasant, s'han establert els acords verticals (Kv) segons les taules que proporciona el propi software.

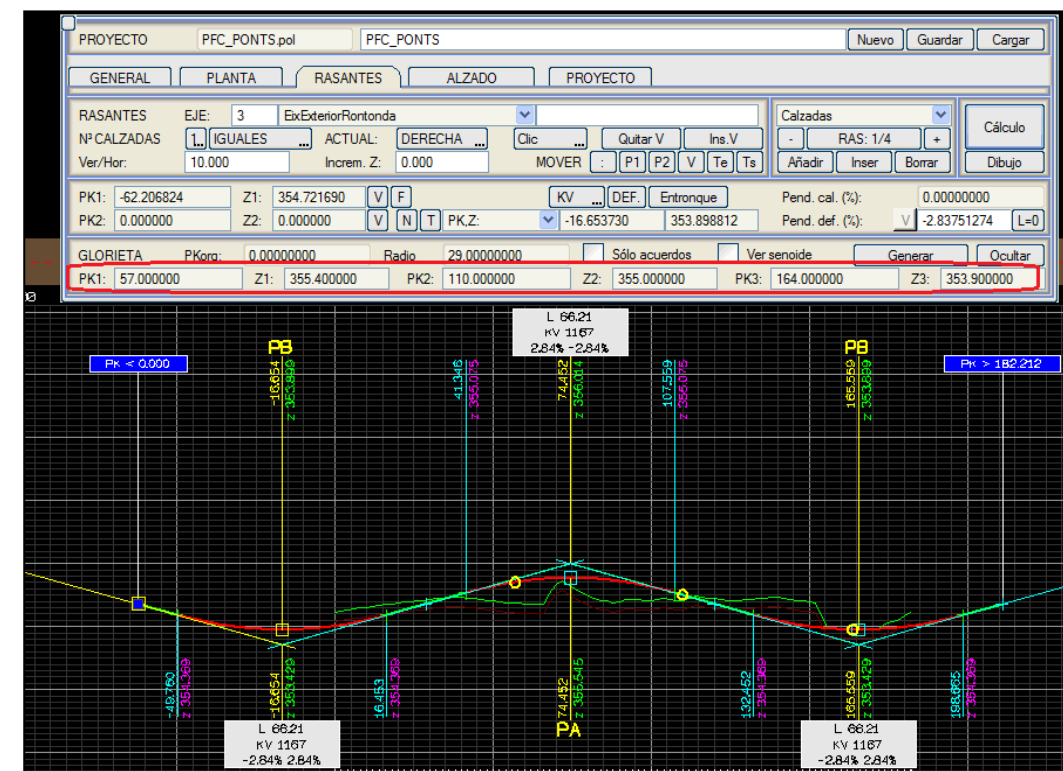


Figura 15: Rasant glorieta (C.Lleida/V.C-14/V.C-1412a)

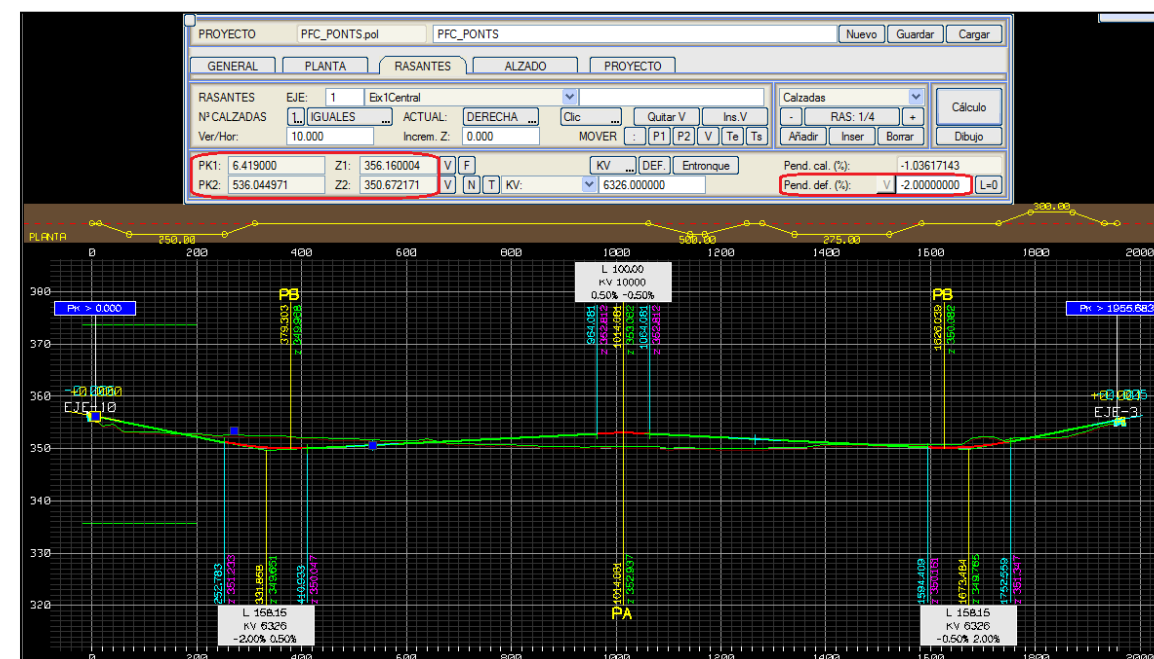


Figura 16: Rasant Variant C-14

#### 4.8.4. Seccions transversals i seccions tipus

Per a definir la secció transversal i la secció tipus s'accedeix al menú de "ALZADO" on es troba la finestra de "PLATAFORMA" i de "SECCIONES TIPO", on s'han definit els següents paràmetres:

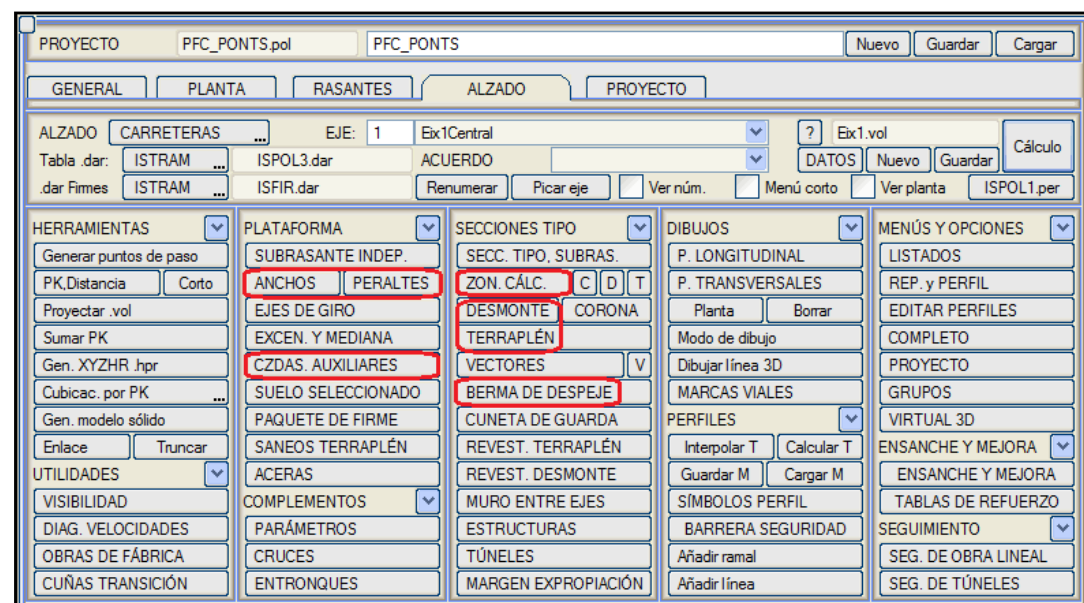


Figura 17: Opcions del menú "ALZADO"

#### 5. SERVEIS AFECTATS

##### 5.1. Introducció

Sempre que es realitza una obra lineal hi ha un seguit de serveis existents que queden afectats. Degut a que la zona per on passen les variants es una àmplia extensió de camps de cultiu, s'han vist afectats alguns canals de regadiu i la sèquia de Ponts d'abastiment d'aigua. D'altra banda, també s'ha vist afectat un camí secundari d'accés als camps de cultiu. Així doncs, com es tracta d'un terreny destinat al cultiu, no hi ha habitatges ni grans infraestructures de tal forma que els serveis afectats son mínims.

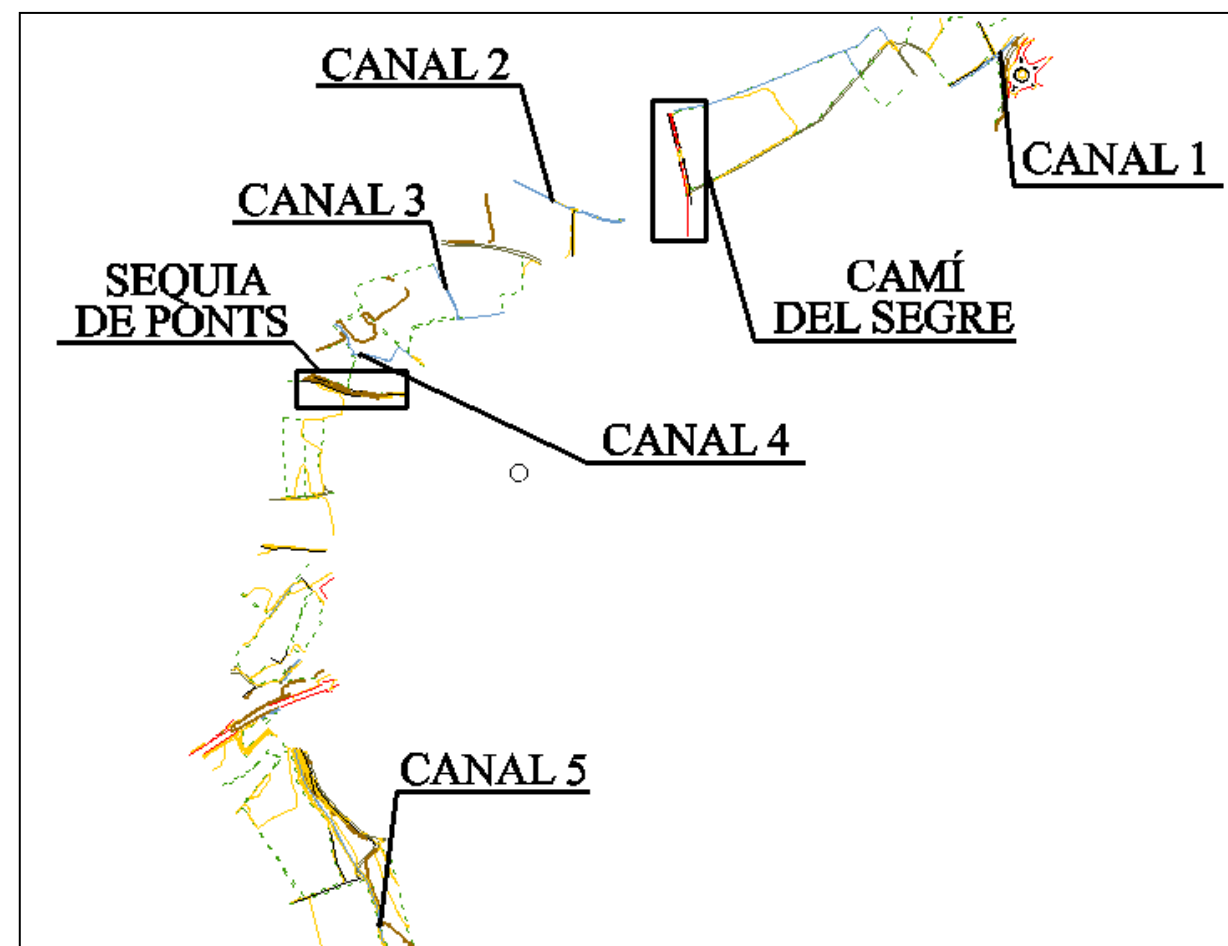


Figura 19: Esquema situació serveis afectats



### 5.2. Canals de regadiu

S'han vist afectats cinc canals de regadiu amb les següents característiques:

	Ample (A)	Alçada (H)
CANAL 1	2 m	1,5 m
CANAL 2-3-4-5	1 m	0,6 m máx.

Taula 6: Amplitud i alçades de les canals

La solució per a les canals serà entubar el tram d'ocupació de la nova via tenint en compte que la superfície de la secció rectangular actual serà el 80 % de la superfície de la secció circular soterrada. Seguint aquest criteri els diàmetres obtinguts s'expressen en la següent taula:

$$S_{\text{rectangular}} \leq 80 \% S_{\text{circular}}$$

$$A \cdot H \leq 0.80 \cdot \pi \cdot R^2 \rightarrow R \rightarrow \text{Secció canal}$$

	Sexterior	Rcalculat	Secció (mm)
CANAL 1	3 m	1,1 m	2200
CANALS 2-3-4-5	0,6 m	0,5 m	1000

Taula 7: Superfícies, radis i seccions

La transició de la secció circular a la secció rectangular es farà mitjançant una secció trapezoïdal.

Pel que fa a la canal 1, com que es tracta d'una canal de dimensions més grans i que passa per sobre de la variant, s'utilitzaran uns sifons per tal de garantir el drenatge de l'aigua en aquest tram.

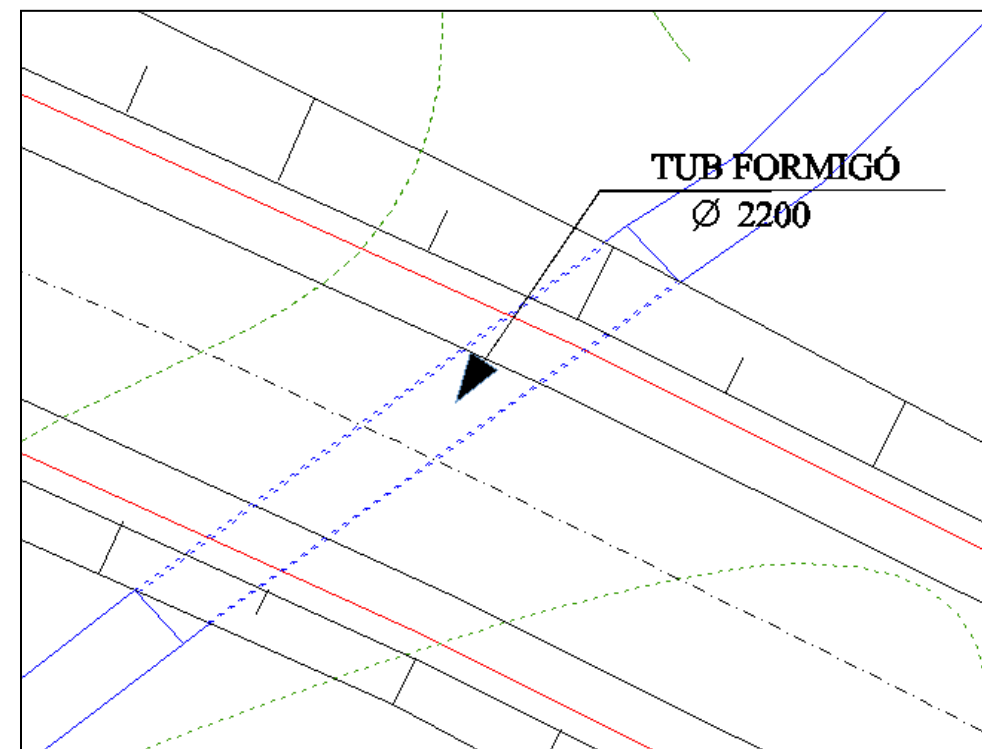


Figura 20: Soterrament Canal 1

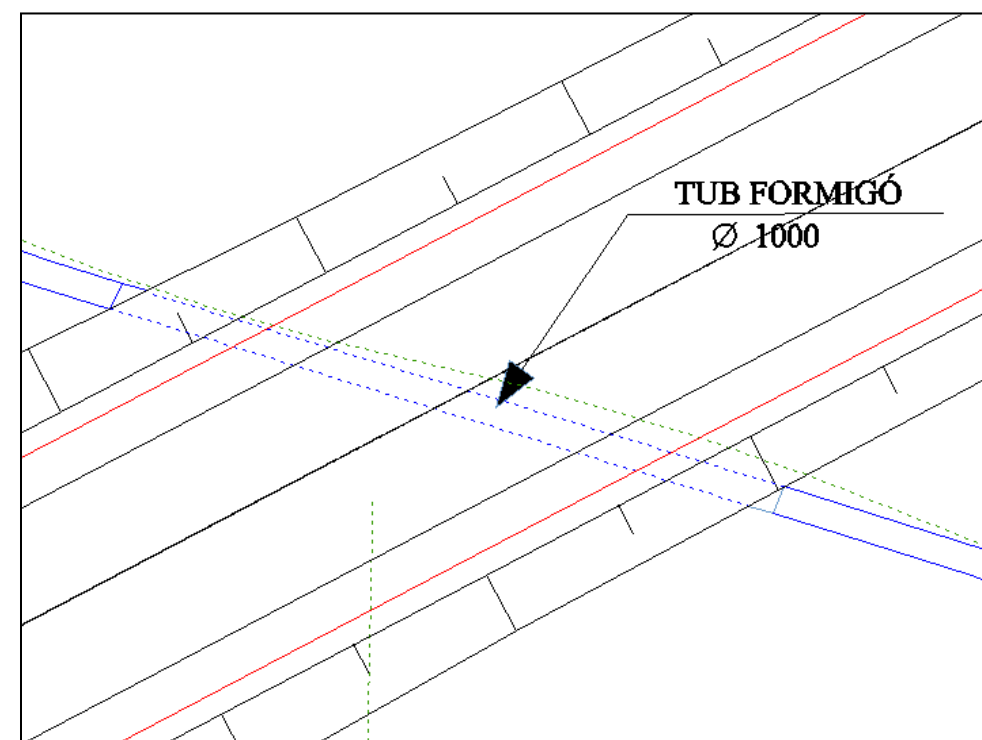


Figura 21: Soterrament canal 2

### 5.3. Sèquia de Ponts

L'encreuament de la sèquia amb la variant s'ha solucionat amb una llosa de formigó que es recolzaria mitjançant dos estreps.

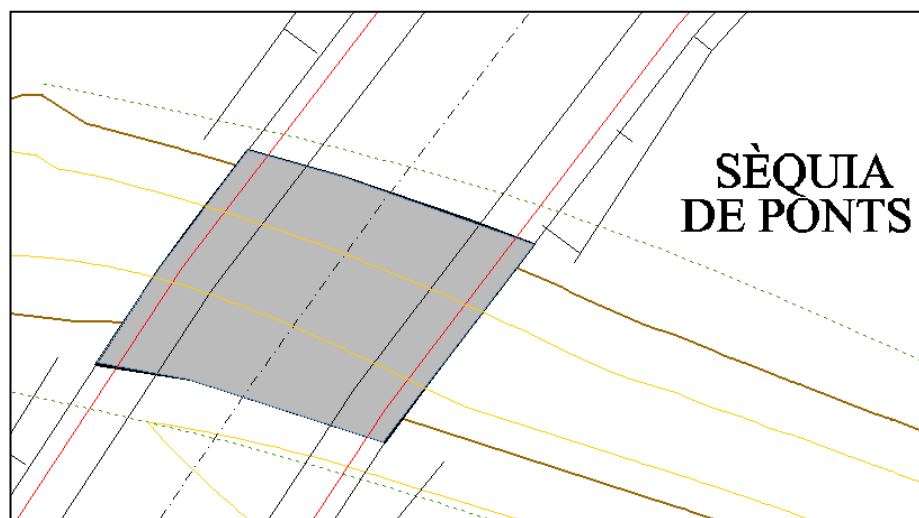


Figura 22: Detall de llosa de formigó

### 5.4. Camí secundari

Aquest camí que dona accés als camps de cultiu esta situat al tram central d'una recta de longitud de 800 metres pel que es realitza un encreuament a nivell que es senyalitzarà adaptant la rasant del camí a la de la nova variant lo que implica un petit desmunt d' aproximadament 0,70 metres de profunditat. També es preveu una cuneta que canalitzi les possibles aportacions d'aigua.

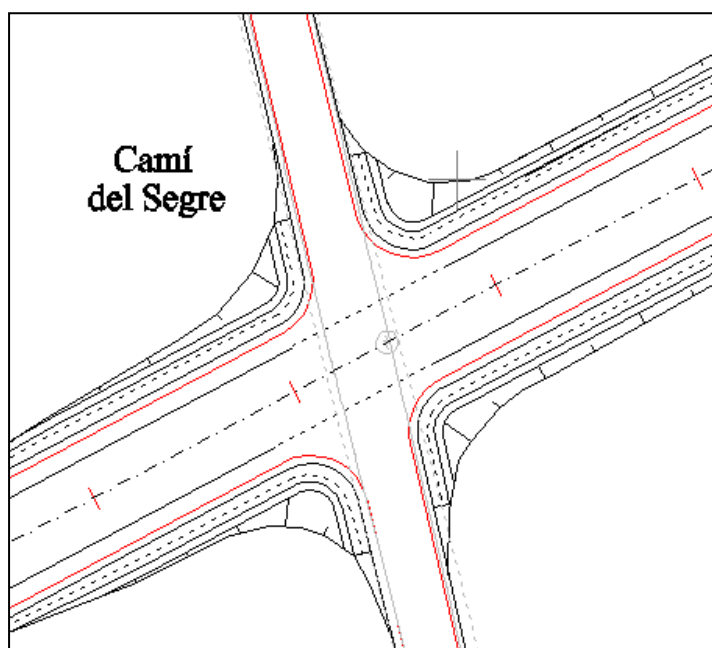


Figura 23: Encreuament del camí amb variant.

## 6. PROCESSOS CONSTRUCTIUS D'UNA OBRA LINEAL

En les obres lineals el seguiment de totes les seves fases es realitza per perfils transversals seqüencials, segons la precisió requerida i també segons la definició geomètrica en planta i en alçat. D'aquesta manera tant els càlculs com els mesuraments es referiran a trams entre perfils que s'han d'identificar per el seu PK.

La seqüència de treballs que es planteja a continuació, no té perquè ser l'única possible, dependrà de les circumstàncies o condicionants de l'obra en qüestió, pretenen donar una idea general del procés de construcció d'una obra lineal qualsevol. La normativa a consultar és el PG-3 Plec de prescripcions tècniques generals per a obres de carreteres i ponts (Ministeri de Foment).

### 6.1. Desbrossament

Consisteix a extreure i retirar de les zones designades tots els arbres, soques, plantes, malesa, brossa, fustes caigudes, runes, escombraries o qualsevol altre material indesitjable segons el projecte. L'execució d'aquesta operació inclou les operacions següents:

- Extracció dels materials objecte d'arranjament.
- Retirat i estès d'aquests en el seu emplaçament definitiu.

#### - Extracció

Per la retirada es procedeix segons el que disposa la legislació vigent en matèria mediambiental, de seguretat i salut, i d'emmagatzematge i transport de productes de construcció. S'ha de retirar la terra vegetal de les superfícies de terreny afectades per excavacions i terraplens. L'extracció de la capa de terra vegetal del terreny, és necessària ja que no és apropiada com a base per al terraplenat, i també perquè és aprofitable per a la posterior utilització en la plantació de talussos.

Totes les arrels majors de deu centímetres (10 cm.) de diàmetre s'eliminen fins a una profunditat no inferior a cinquanta centímetres (50 cm.). Per sota de la rasant de l'explanació. Els arbres susceptibles d'aprofitament com fusta es poden i netegen, després es tallen en trossos adequats i, finalment, s'emmagatzemen a disposició de l'Administració i se separen de les piles que hagin de ser cremats o rebutjats.

### - Retirada

A la retirada i disposició dels materials objecte del desbrossament, tots els productes o subproductes forestals, no susceptibles d'aprofitament, s'eliminen. En principi aquests elements seran cremats, quan aquesta operació estigui permesa. La terra vegetal procedent del desbrossament ha de ser disposada en el seu emplaçament definitiu en el menor interval de temps possible. En el cas que no sigui possible utilitzar directament, s'ha de guardar en munts d'alçada no superior a dos metres. També s'evitarà que sigui sotmesa al pas de vehicles o sobrecàrregues, ni abans de la seva remoció ni durant l'emmagatzematge.

Si es projecta enterrar els materials procedents del desbrossament, aquests s'han d'estendre en capes disposades de manera que es redueixi al màxim la formació de buits. Cada capa s'ha de cobrir o barrejar amb terra per omplir els possibles buits, i sobre la capa superior s'han d'estendre al menys trenta centímetres de sòl compactat adequadament. Aquests materials no s'han d'estendre en zones on es prevegin afluències apreciables d'aigua ja que serien fàcilment erosionables. Se sol realitzar amb pales carregadores i retroexcavadores.

## 6.2. Sanejament i demolicions

Si una vegada realitzat el desbrossament es detecten zones en què el terreny no és l'apropiat per a la formació del terraplè serà necessària una excavació extra per aconseguir el terreny propici, és el que s'anomena sanejament. Sol ser una unitat d'obra extra, ja que no es pot conèixer a priori.

## 6.3. Moviment de terres

### 6.3.1. Rebretes

Els farcits poden ser de tres tipus, segons la mida de les partícules del material amb què es formen:

- Terraplens. Si totes les partícules del material que el forma són de mides inferiors a una mica més d'un decímetre, per exemple, 15 cm. O el que és el mateix, el material constituent és un sòl.
- Pedraplens. Si el material constituent són fragments de roca dura amb una mida aproximada lleugerament inferior a un metre, per exemple 70 cm.
- Tot-u. Si hi ha partícules de totes les mides, des de diversos decímetres fins micres.

El Plec de Prescripcions Tècniques Generals per Obres de Carreteres i Ponts (PG-3) estableix per cada tipus de farciment les exigències que han de complir els materials amb els que es construiran.

### - Formació del terraplè

Aquesta unitat consisteix en l'extensió i compactació, per capes, dels materials procedents de l'explanació o de préstecs, a les zones on serà necessari crear una plataforma sobre la qual s'assenta el ferm de la carretera. La seva execució comprèn les operacions següents:

- Preparació de la superfície de suport del rebret tipus terraplè.
- Extensió d'una capa.
- Humectació o dessecació d'una capa.
- Compactació d'una capa.

Les tres últimes operacions es repetiran tantes vegades com calgui per arribar a l'altura necessària en cada perfil.

### - Diferents zones del terraplè

En els terraplens hi ha 4 zones que cal distingir:

- **Coronació.** És la part superior del farcit, amb un gruix sempre major de 50 cm., Generalment entre 0,5 i 1 m, i mínim de dos capes. La seva superfície constitueix l'esplanada sobre la qual s'assenta el ferm.
- **Nucli.** És la part del farciment constituïda pel material col·locat entre el fonament i la coronació, a la zona central del terraplè. El seu gruix és variable ja que dependrà de l'alçada de farciment que es vulgui construir, podent ser de desenes de metres.
- **Espigons.** Part exterior del farciment que, ocasionalment, constituirà o formarà part dels talussos d'aquest. És el material que envolta lateralment el nucli protegint dels agents externs, especialment dels meteorològics, encara que no es consideren part del mur emergent els revestiments sense missió estructural en el farciment.
- **Fonament.** Part inferior del terraplè en contacte amb la superfície de suport. El seu gruix serà com a mínim d'1 m.

### 6.3.2. Excavacions

El comportament d'un desmunt depèn de la seva alçada, la seva inclinació, la naturalesa dels materials, les mesures de reforç aplicades i de les condicions d'aigua presents, tant en superfície com a l'interior del propi desmunt.

Amb les dades obtingudes en els reconeixements geològics i geotècnics es poden realitzar inventaris de talussos, càlculs d'estabilitat simplificats dels mateixos i càlculs més detallats, que per mètodes més complexos permeten estudiar la influència d'aspectes com ara la plastificació del terreny i l'efecte dels elements constructius d'estabilització disposats.

Un desmunt ben projectat ha de comptar amb les mesures constructives que permetin assegurar un comportament adequat al llarg de la vida de la carretera, sense oblidar les necessàries operacions de conservació.

#### - **Classificació de les excavacions**

##### ▪ **Excavació en roca**

Comprenderà les masses de roca, dipòsits estratificats i aquells materials que presentin característiques de roca massiva o que es trobin cimentats tan sòlidament que hagin de ser excavats utilitzant explosius.

##### ▪ **Excavació en terreny de trànsit**

Comprenderà la corresponent als materials formats per roques descompostes, terres molt compactes, i tots aquells en què no sent necessari, per a la seva excavació, l'ús d'explosius, sigui necessària la utilització de escarificadors profunds i pesats.

##### ▪ **Excavació en terres**

Comprenderà la corresponent a tots els materials no inclosos en els apartats anteriors.

#### - **Execució de les excavacions**

Un cop acabades les operacions de desbrossament del terreny, s'iniciaran les obres d'excavació, ajustant-se a les alineacions, pendents, i dimensions. Durant l'execució dels treballs es prendran, en qualsevol cas, les precaucions adequades per no disminuir la resistència o estabilitat del terreny no excavat. En especial, s'han d'atendre les característiques tectònic-estructurals de l'entorn i les alteracions del seu drenatge i s'adoptaran les mesures necessàries per evitar els següents fenòmens:

- Inestabilitat de talussos en roca o de blocs d'aquesta, deguda a voladures inadequades.
- Esllavissades ocasionats pel descalçament del peu de l'excavació,
- Embassaments deguts a un drenatge defectuós de les obres.
- Talussos provisionals excessius.

S'estarà, en tot cas, al que disposa la legislació vigent en matèria mediambiental, de seguretat i salut, i d'emmagatzematge i transport de productes de construcció. Durant les diverses etapes de la construcció de l'explanació, les obres s'han de mantenir en perfectes condicions de drenatge.

##### ▪ **Excavació en roca.**

Les excavacions en roca s'executaran de manera que no es faci malbé, trenqui o desprengui la roca no excavada. Es posarà especial cura a evitar danyar els talussos del desmunt i la fonamentació de la futura esplanada de la carretera. Es cuidarà especialment la subrasant que s'estableixi en els desmunts en roca i es presentarà una superfície que permeti un perfecte drenatge sense entollades, i en els casos en què per efecte de la voladura es generin zones sense desguàs s'han d'eliminar aquestes mitjançant l'aplicació de formigó de sanejament que generi la superfície de la subrasant.

##### ▪ **Talussos**

L'excavació dels talussos es realitzarà adequadament per a no danyar la seva superfície final, evitar la descompressió prematura o excessiva del seu peu i impedir qualsevol altra causa que pugui comprometre l'estabilitat de l'excavació final. Quan hagin de ser executades en el peu del talús, s'excavaràn de manera que el terreny afectat no perdi resistència a causa de la deformació de les parets de la rasa o un drenatge defectuós d'aquesta. La rasa es mantindrà oberta el temps mínim indispensable, i el material de farciment es compactarà acuradament. Així mateix es tindrà especial cura en limitar la longitud de la rasa oberta al mateix temps, a efectes de disminuir els efectes abans esmentats.

En el cas d'emprar gunita, se li afegiran colorants a fi que el seu acabat harmonitzi amb el terreny circumdant.

La transició de desmunt a terraplè es realitzarà de forma gradual, ajustant i suavitzant les pendents, i adoptant les mesures de drenatge necessàries per evitar aportació d'aigua a la base del terraplè.

### 6.3.3. Replantejaments

Materialització, mitjançant estaquas cada 20 m, de les arrencades de talús. Serà el tècnic en topografia l'encarregat de replantejar els caps de desmunt i els peus de terraplè, segons el cas, prèviament calculada la distància a l'eix un cop obtinguts els perfils transversals del terreny ja desbrossat.

El replantejament podrà ser posant estaquas a cada perfil, normalment cada 20 m, bé externament des d'una base de replantejament o internament per l'eix.

En les estaquas de l'eix és necessari indicar el PK o nombre del perfil i la cota vermella (diferència entre la cota del terreny i la rasant d'explanació amb el seu signe) de manera que orienti a l'encarregat sobre l'altura del desmunt o del terraplè. No obstant això tant en les estaquas que limiten el peu de talús o el cap de desmunt s'indicarà també la cota vermella ja que les de l'eix desapareixeran, hauran de ser estaquas de grandària considerable perquè no siguin ocultades pels bitlles que segurament rodaran pel terraplè.

El replantejament teòric, segons perfils, haurà de ser corroborat in situ, és a dir, caldrà comprovar que la distància teòrica a l'eix es correspon amb la cota i ajustar si és el cas dues dades per tempteigs successius conegudes les coordenades de la vora i la inclinació del talús segons la secció tipus.

Quan el desmunt, o fins i tot el terraplè, és considerable, convé que es posin unes estaquas que indiquin el pendent del talús, a partir de les quals s'aniran posant altres a la zona de treball que serviran de comprovació i guia dels equips. En els casos de desmunts grans és usual materialitzar entre dos estaquas el talús a executar, fins i tot calcular la longitud geomètrica d'aquest talús, de manera que l'encarregat, per mitjà d'una corda de línia lligada a l'estaca posterior i seguint la línia de la tauleta pugui definir realment el talús a executar i pugui aproximar-se a la rasant d'explanació sense ajuda del tècnic en topografia.

#### - Control d'amples

El terraplè es comença a formar una vegada han bolcat els camions banyera o els dúmpers el material adequat entre les estaquas que defineixen els peus de talús i ha continuació és estès per pales o bulldòzers.

Els materials seran estesos en tongades successives de gruix uniforme. Aquest gruix serà l'adequat per que s'obtingui el grau de compactació exigut. Aquest gruix, en general i excepte especificació en contra del projecte, serà de 30cm.

Haurà d'aconseguir que tot el perfil de farciment quedi compactat, per la qual cosa se sol donar un sobreample a la capa que permet l'acostament de la compactadora a la vora, després es retallarà la vora. És una tasca a fer com a seguiment de la formació del terraplè i també del desmunt el control dels amplex cada diverses capes, això significa que s'haurà de comprovar i marcar que a la cota a la qual en determinat moment es troba la formació del terraplè o l'excavació del desmunt es correspon amb l'ample necessari perquè la coronació de l'esplanada sigui la prevista en projecte. Per realitzar aquesta tasca serà necessari executar els treballs topogràfics:

- Si es realitza el replanteig clàssic de l'eix, caldrà mesurar els amplex amb cinta i les cotes de les vores reals amb nivell sobre el terreny, amb aquestes dades es calcula l'ample teòric per a la cota de la vora, ja que coneixem les coordenades del vora de l'explanació i la inclinació del talús, segons la secció tipus.

- Una altra forma de realitzar el càlcul d'amples podria ser, si es disposa del suport informàtic adequat, realitzar la presa de dades, com un núvol de punts, de les vores de la superfície de què es tracti (desmunt o terraplè) i que un cop processats poguessin donar com a resultat les coordenades a replantejar de les vores teòriques.

#### - Refinament de terres

Quan la formació del terraplè està propera a la seva coronació, a falta d'una capa o menys, és el moment de la refinació de les terres.

A l'esplanada es disposaran estaquas de refinament al llarg de l'eix i en ambdós vores de la mateixa però també en les ruptures de peralt, amb una distància entre perfils transversals no superior a 20m. El cap d'aquestes estaquas seran anivellades i deixades a la cota de coronació de l'esplanada.

La distància entre estaquas d'un mateix perfil transversal no convé que sigui superior a uns 05/03 m ja que aquesta és la longitud de la fulla de la motoanivelladora que serà la maquinària imprescindible per a aquest tipus de treball.

Els càlculs previs que seran necessaris segons el que s'acaba de descriure són:

- A nivell clàssic caldrà preparar per una banda, la llista del replanteig de l'eix cada 20 m, i per a cada perfil transversal el llistat de distàncies a l'eix (a la dreta i l'esquerra) i cotes de coronació de tots els punts necessaris. Amb aquestes dades, al camp, mentre un equip va replantejant l'eix des d'una base

exterior, un segon equip pot anar situant les estaques amb respecte a l'eix, estaques que posteriorment seran anivellades i el seu cap posat a cota.

- Un altre procediment podrà serà calcular les coordenades absolutes de tots els punts de cada perfil i des d'una base exterior replantejar directament les estaques necessàries realitzant al mateix temps l'anivellament trigonomètric d'aquestes. Si s'anivella trigonomètricament és convenient prendre cota d'una altra base de replanteig, amb la qual s'ha orientat l'aparell per exemple, evitant d'aquesta manera la presa de l'alçada d'aparell de la mateixa estació.

La tolerància admesa per a la refinació de terres apareixerà en el Plec de prescripcions tècniques particulars del Projecte encara que sol ser de + - 2 cm la superfície acabada.

#### 6.3.4. Drenatge

- **El drenatge transversal** que serà necessari perquè els rius i els corrents d'aigua que circulen per les tàlvegs no es vegin interromputs pels terraplens. Per evitar que aquests corrents es reactivin i enfonsin la via serà necessari la construcció d'obres de drenatge transversal o claveguerons.

- **El drenatge longitudinal** que implica el dimensionament de les cunetes que eviten que l'aigua accedeixi a la superfície de la calçada. Si existís una capa d'aigua sobre la carretera els pneumàtics dels cotxes podrien perdre el contacte amb l'asfalt i planejar sobre l'aigua.

## 7. IMPACTE MEDIAMBIENTAL

### 7.1. Introducció

Es parla d'impacte mediambiental, quan s'inicia un projecte que tindrà certa influència en el medi ambient.

La finalitat d'aquest estudi es aconseguir la millor integració del projecte al seu entorn ambiental, i establir les pautes necessàries per tal de minimitzar en lo possible els inevitables efectes negatius, maximitzant al mateix temps els positius.

Estudiarem cada possible element que pugui ser afectat per l'obra projectada:

- **Sistema hidrològic:** pas de maquinaria sobre rius, bales de contenció de contaminants.
- **Patrimoni cultural:** Detecció de jaciments arqueològics.
- **Fauna**
- **Flora:** Tractament d'espècies singulars respecte les zones classificades.
- **Defensa contra la erosió:** Restauració topogràfica, revegetació, gestió d'abocadors.
- **Contaminació acústica:** Pantalles acústiques.
- **Residus:** Contaminants.
- **Atmosfera:** Emissió de pols.

### 7.2. Sistema hidrològic

#### - Definició i impacte

Els elements hidrològics que ens hem trobat en aquest projecte son bàsicament canals de regadiu i una sèquia.

#### - Mesures preventives

Per tal de no modificar aquests elements es prendran mesures de reforços per tal de que la realització del projecte no afecti la funcionalitat d'aquestes sistemes hidrològics.

### 7.3. Patrimoni cultural

#### - Definició i impacte

Fa referència a la preservació de jaciments arqueològics que es puguin presentar durant la fase d'execució.

#### - Mesures preventives

En el cas de trobar cap jaciment, es paraitzarà la execució del projecte fins a la verificació de la importància d'aquests i fins a la obtenció dels permisos necessaris en el cas que siguin de gran importància.

### 7.4. Fauna

#### - Definició i impacte

Els aspectes als que ens atenem davant una obra així son:

- Fragmentació dels habitats.
- Mortalitat dels animals.
- Efecte barrera.

#### - Mesures preventives

Parlem d'efecte barrera, al fet de que una obra estigui ben vallada. Això limita físicament la zona d'execució, dificultant l'entrada a animals i preservant, en lo possible, les zones de flora més vulnerables.

Un servei que afecta en gran mesura a la fauna son les línies elèctriques. Per tal de solucionar aquest problema, actualment es comencen a instal·lar dispositius per tal de que els ocells no facin el niu en aquestes instal·lacions.

Davants els casos de fauna perduda o desorientada per les obres, s'instal·len punts de fuga en tot el tancat d'execució per tal que puguin tornar al seu habitat.

### 7.5. Flora

#### - Definició i impacte

La vegetació, es un factor determinant per a la execució del traçat. L'estudi de les espècies vegetals de la zona te un pes important per tal de conèixer la salut ambiental del area afectada. En el nostres cas, com que la major part de terreny afectat esta format per camps de cultiu, l'impacte sobre les espècies vegetals ha sigut mínim.

#### - Mesures preventives

Realització d'un pla de selecció, rescat i posterior plantació d'elements vegetals d'interès. També s'ha d'incloure un pla contra incendis amb la definició de zones d'evacuació.

### 7.6. Erosió

#### - Definició i impacte

En aquests tipus d'obres, les terres sobrants, es retiren als cantons del traçat amb la finalitat de realitzar talús i cobrir-los amb terra vegetal per tal de repoblar la zona.

#### - Mesures preventives

Producció per encàrrec de espècies vegetals concretes per a l'obra.

Descompactació dels camins y accessos a l'obra per facilitar la posterior revegetació. En aquest projecte s'ha procurat realitzar els mínims moviments de terres, per tal d'evitar al màxim l'erosió del terreny.

### 7.7. Contaminació acústica

#### - Definició i impacte

Consisteix en la fase d'execució de l'obra ja que es quan hi ha un desplaçament dels vehicles de transport.

#### - Mesures preventives

Considerar una vigilància respecte a:

- Execució de les barreres acústiques.
- Seguiment de l'estat de la maquinària.
- Es respectaran els nivells sonors que determina la ordenança sobre tipus de regulació de sorolls i vibracions per cada franja horària.

### 7.8. Residus

#### - Definició i impacte

Avui dia, a la majoria d'obres, s'acumulen residus perillosos sobre el terreny, degut a que no s'han pres consciencia del que son y de com s'han de tractar. Els residus vegetals s'han de cremar, moltes vegades ajudats de hidrocarburs, amb la qual cosa la combustió acaba a disposició de l'atmosfera.

- **Mesures preventives**

Incloure en les instal·lacions de l'obra un magatzem amb garanties d'estanquitat, establir uns dispositius de recollida de derrames, foses de rentat de bótes de formigó, tallafocs o bandes lliures de vegetació per tal de preveure possibles incendis que es puguin provocar en la crema de residus vegetals.

### 7.9. Atmosfera

- **Definició i impacte**

La emissió de pols degut a la execució de l'obra i la crema de residus, son les principals causes de contaminació atmosfèrica que es produiran en aquest projecte.

- **Mesures preventives**

Aportació d'aigua, com més polvoritzada millor, i retirada amb mitjans mecànics de les partícules que acaben sent capes gruixudes. Degut a que el cost de l'aigua es elevat i amb tendència a escassejar, es fan servir productes que barrejats amb una mica d'aigua redueixen el consum d'aquesta i augmenten la capacitat d'estabilització.

### 8. CONCLUSIONS

Aquest projecte ha servit per a determinar quines son les pautes i directrius a seguir en la realització, per una banda, d'un estudi topogràfic de grans dimensions, i per una altra, l'implantació i càlcul d'una obra d'enginyeria civil com es el cas de la obra lineal realitzada.

Primerament es va optar per realitzar l'aixecament amb RTK per tal d'ampliar els coneixements pràctics d'una metodologia poc emprada durant la carrera. Degut a que la zona per la qual s'ha volgut fer passar les variants consta de grans extensions de terreny rural i poca vegetació, l'ús dels equips GPS ha sigut molt satisfactori pel que fa al temps invertit en el treball de camp.

Pel que fa als programes utilitzats, per una banda, el software MICROSTATION per la realització del plànol topogràfic, i per una altra, el software ISTRAM - ISPOL per al disseny i càlcul de les variants; creiem que han sigut una molt bona elecció degut al seu caràcter versàtil i punter.

D'altra banda, voldríem destacar alguns aspectes millorables sobre l'últim software esmentat: En primer lloc, que els manuals d'aprenentatge que proporciona l'empresa no ens ha facilitat gaire l'ús del programa ja que son manuals molt bàsics. En segon lloc, que degut a les restriccions que s'imposen a les llicències hem tingut diversos problemes com el número limitat d'eixos per projecte i la impossibilitat d'exportar arxius en la llicència educacional que se'ns va atorgar. Aquest últim problema es va solucionar posant-nos en contacte amb els responsables del suport tècnic d'Istram Ispol, els quals varen enviar una actualització de les llicències educacionals, atorgades a la universitat, que permetia l'exportació d'arxius en formats \*.dgn, \*.dxf - \*.dwg, etc.

També volem remarcar els avantatges que ens ha aportat el treball en parella ja que les dimensions del projecte ho requerien i a més s'ha tingut la possibilitat de contrastar les opinions en tots els dubtes que s'han presentat.

Finalment creiem que la realització d'aquest projecte ens aportat els coneixements bàsics per afrontar els reptes professionals que se'ns puguin presentar en la nostra futura vida laboral.



## 9. BIBLIOGRAFIA I PÀGINES WEB CONSULTADES

### 9.1. GPS

- Manuals GPS System 500:
  - Manual de l'usuari per a l'Equipo GPS - 4.0.0es
  - Manual de Referència Tècnica-4.0.0es
  - Guia per a mesures en Temps Real-2.0.0es
- [www.icc.es](http://www.icc.es)
- [www.leica-geosystems.com](http://www.leica-geosystems.com)
- [www.instop.es](http://www.instop.es)

### 9.2. OBRA LINEAL

- Domínguez García-Tejero, F.(1998): Topografía general y aplicada.
- De Corral Manuel de Villena, I.,(1996): Topografía de Obras, Ed. UPC.
- Ministeri de Foment, (1996): Norma 3.1-IC. Traçat, de la Instrucció de carreteres.
- Apunts d'assignatura Introducció a la Enginyeria Civil .
- [www.bentley.com/es-ES/](http://www.bentley.com/es-ES/)
- [www.istram.net](http://www.istram.net)
- [www.carreteros.org](http://www.carreteros.org)

### 9.3. MEDI AMBIENT

- Hernández S.(2006), Integración de carreteras en el entorno actual.
- Serie monografías (1995). Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.
- Gil Esteban. Programas de vigilancia ambiental en obras lineales.

## ANNEX

### 1. RESSENYES

1.1. SENYALS GEODÈSIQUES ICC

1.2. BASES XARXA GPS

### 2. INFORME AJUST XARXA GPS

### 3. LLISTAT PUNTS AIXECAMENT RTK

### 4. LLISTAT D'ALINEACIONS

4.1. VARIANT C-14

4.2. VARIANT C-1412a

4.3. GLORIETA (C.Lleida / V. C-14 / V. C-1412a)

4.4. GLORIETA (C.Calaf / V. C-1412a)

## PLÀNOLS

### 1. PLÀNOL DE SITUACIÓ

### 2. PLÀNOL D'EMPLAÇAMENT

### 3. PLÀNOL TOPOGRÀFIC

### 4. PLANTA GENERAL

### 5. PLANTES PARCIALS

### 6. SECCIONS TIPUS

### 7. PERFILS LONGITUDINALS

### 8. PERFILS TRANSVERSALS