

Document A per al pas de transports especials. Informe justificatiu de no afectació a la infraestructura ferroviària

En el cas de transports especials per parts en la via pública, l'informe justificatiu de no afectació a la infraestructura ferroviària haurà de contenir els següents aspectes, que caldrà adaptar segons el tipus d'actuació:

Índex

1	Objecte	2
2	Descripció de l'actuació a executar.....	2
3	Descripció de la infraestructura ferroviària	2
4	Plànols	3
5	Geologia i geotècnia.....	3
6	Accions considerades	4
7	Avaluació de l'estat tenso-deformacional de la infraestructura ferroviària.....	4
8	Verificació dels Estats Límits	5
9	Conclusions	6
Annex 1. Plànols de recorregut		7
Annex 2. Plànols infraestructura ferroviària		7
Annex 3. Metodologia per a l'avaluació de l'estat tenso-deformacional de la infraestructura ferroviària.....		7
A3.1 Mètode de càlcul utilitzat		7
A3.1.1 Mètodes simplificats		7
A3.1.2 Models numèrics.....		8
A3.2 Seccions o punts analitzats		9
A3.2.1 Mètodes simplificats		9
A3.2.2 Models numèrics.....		9
A3.3 Resultats		10

1 Objecte

La geologia en el territori català es caracteritza per una gran variabilitat i per mostrar un ample ventall de riscos geotècnics. La necessitat de realitzar accions que comportin variacions en l'estat tenso-deformacional del sòl, a prop d'infraestructures ferroviàries requereix d'anàlisis predictius i mesures de protecció a fi d'evitar incidents que puguin comportar elevats costos de reparació. Per aquest motiu, i d'acord a la Llei Ferroviària, la Direcció General d'Infraestructures de Mobilitat sol·licita als promotors que transporten tuneladores o altres transports especials a la via pública un informe justificatiu de la no afectació a aquestes infraestructures.

L'informe justificatiu de la no afectació a infraestructura ferroviària és un requisit mínim per a l'obtenció de l'Autorització corresponent, incorpora tant la informació sobre les operacions a executar, com als mètodes d'anàlisi i de càlcul i ha d'estar signat per part d'un tècnic competent.

L'objectiu de l'informe justificatiu de la no afectació a infraestructura ferroviària és analitzar com es modifica l'estat tenso-deformacional de la infraestructura ferroviària sota les noves sol·licitacions introduïdes pel transport de maquinària pesada i concloure que en cap cas comporten un risc per a la infraestructura ferroviària.

2 Descripció de l'actuació a executar

En la descripció de l'actuació caldrà incloure com a mínim els aspectes següents:

- a) **Informació d'actuació** on s'inclogui com a mínim el següent:
 - Promotor de l'actuació.
 - Autor de l'informe justificatiu de no afectació.
 - Dates previstes de les operacions a realitzar.
 - Traçat a recórrer fins la zona de muntatge dels elements objecte del transport especial.
- b) **Tipus, geometria i pes de les peces dels elements objecte del transport especial.**
- c) **Característiques del transport especial a utilitzar.**
- d) **Operacions a realitzar:**
 - Fases crítiques.
 - Càrregues màximes introduïdes en el sòl i en les infraestructures existents.

3 Descripció de la infraestructura ferroviària

En la descripció de la infraestructura ferroviària caldrà incloure com a mínim els aspectes següents:

Descripció geomètrica i estructural on s'inclogui com a mínim el següent:

- a) Secció tipus.
- b) Procediment constructiu (en mina, a cel obert entre pantalles...).
- c) Característiques dels materials, si es disposa d'aquesta informació.

- d) Detalls d'armat, si es disposa d'aquesta informació.
- e) Sobrecàrregues en superfície considerades per al dimensionament.

En aquells casos on el grau d'afectació a la infraestructura ferroviària sigui elevat aquesta Direcció General pot requerir la realització d'un replanteig i una caracterització de les dimensions, l'estat de conservació i la resistència estructural de la infraestructura ferroviària mitjançant una campanya d'inspecció del túnel i extracció i assaig de testimonis.

4 Plànols

Caldrà incloure com a mínim els plànols següents:

- a) Croquis de les **dimensions del vehicle de transport** i indicació de la distribució dels pesos en planta i en alçat quan el vehicle està carregat.
- b) Plànols del **traçat que seguirà el transport** fins arribar a la zona de muntatge dels elements objecte del transport especial, degudament referenciat amb la urbanització i la seva superposició amb la infraestructura ferroviària, indicant totes les acotacions i distàncies entre elles. L'Ajuntament de Barcelona té establerts uns eixos prioritaris per a la circulació de transports especials que es s'indiquen en el document "PROTOCOL D'ACTUACIÓ PER A LA GESTIÓ DELS TRANSPORTS ESPECIALS EN EL TERME MUNICIPAL DE BARCELONA" signat per l'enginyer de camins, canals i ports Jaume Llongueras i Mestre i l'enginyer industrial Raimon Bartra i Colomé, amb data de juny de 2013. Tot i que no és obligatori ajustar-s'hi es recomana que el traçat del transport prioritzi aquests itineraris principals.
- c) Plànol de la **zona de muntatge dels elements del transport especial**, degudament referenciat amb la urbanització i la superposició amb la **infraestructura ferroviària**, amb les acotacions de la distància entre elles.
- d) Plànol/s de **secció/ns crítica/ques** amb la geometria del transport especial previst i els objectes o peces a transportar, degudament referenciats amb la urbanització i la superposició amb la **infraestructura ferroviària**, amb les acotacions de la distància entre elles.

5 Geologia i geotècnia

Per al tipus d'actuacions que ho requereixin, caldrà fer una descripció del terreny que abasti la zona de la nova actuació així com tot el terreny que es consideri que pot tenir influència sobre la infraestructura ferroviària.

Caldrà incloure la informació següent:

- a) Referència de l'informe geotècnic realitzat.
- b) Descripció de les capes del terreny, potències i paràmetres geotècnics (pesos específics, cohesions, angles de fricció, coeficients d'empenta, propietats resistents, deformacionals, dades de permeabilitat...).
- c) Perfil geològic-geotècnic on s'ubiqui la infraestructura ferroviària i la nova actuació.
- d) Posició del nivell freàtic.

6 Accions considerades

En la descripció de les accions considerades caldrà incloure com a mínim els aspectes següents:

- a) Càrregues prèvies existents en les ubicacions crítiques per on es preveu que passi el traçat per a transportar els elements objecte del transport especial, actuant sobre a la infraestructura ferroviària (pes de terreny, trànsit,...).
- b) Sobrecàrregues considerades per al dimensionament de la infraestructura ferroviària, en cas de tenir la informació.
- c) Càrregues que introduiran les operacions del transport especial.
- d) Càrregues que s'introduiran a la zona de muntatge dels elements objecte del transport especial.
- e) Combinacions d'accions considerades.
- f) Coeficients de majoració i coeficients de simultaneïtat. Cal indicar la normativa de referència considerada.

El transportista haurà d'establir la idoneïtat o no de tallar el trànsit dels carrers per on passi el transport especial a efectes de reduir la càrrega transmesa a la infraestructura ferroviària. Per aquest motiu la DGIM pot exigir que en l'informe justificatiu de no afectació a la infraestructura ferroviària es prescrigui el tall de trànsit durant el transport especial.

7 Avaluació de l'estat tenso-deformacional de la infraestructura ferroviària

L'objectiu d'aquest apartat és avaluar la variació de les tensions, esforços i desplaçaments en la infraestructura ferroviària produïdes pel transport dels elements objecte del transport especial.

1. La primera comprovació que cal dur a terme és la relativa a la sobrecàrrega d'ús dels vials per on transitarà el transport. Si la tensió transmesa pel transport és inferior a la sobrecàrrega d'ús dels vials, es considerarà viable el seu pas.

La sobrecàrrega normativa associada al vehicle de bombers, segons el vigent CTE DB SI-5 és de 20 kPa actuant sobre un ample de 3,5 m i al llarg de tot el vial. Tots els vials han de ser capaços de suportar aquesta càrrega accidental i, per tant, si es demostra que el transport genera una càrrega inferior a la del vehicle de bombers, es pot garantir que no hi haurà afectació. Si la càrrega transmesa pel transport es troba propera a la càrrega límit del CTE DB SI-5 s'haurà d'indicar al document mesures per a que el transport no s'aturi en el seu trajecte sobre la infraestructura ferroviària. A més, el recorregut no pot passar per carrers amb una secció inferior a 3,5 m, ja que en aquests carrers no es compleixen els requisits del CTE DB SI-5 i, per tant, no hi ha garantia que puguin suportar la càrrega definida per aquesta normativa.

2. En cas de superar les sobrecàrregues d'ús dels vials, caldrà comparar la càrrega transmesa pel transport amb les sobrecàrregues d'ús amb què es van dimensionar les estructures de la infraestructura ferroviària.

Cal tenir en compte que tant les estacions com les sobrecàrregues d'ús de les infraestructures ferroviàries depenen de la instrucció vigent en el moment del seu

disseny i construcció. En conseqüència, per verificar la viabilitat del pas d'un transport especial, cal analitzar els diferents trens de càrrega definits a la normativa aplicable, ja sigui la Instrucció de 1924, la Instrucció de 1942, la Instrucció de 1956, la Instrucció de 1972, la Instrucció de 1998 o la IAP-11. En general, aquests trens de càrrega (que incorporen tant càrregues repartides com puntuals) comporten nivells de sol·licitació superiors als associats a la sobrecàrrega del vehicle de bombers definida al CTE DB SI-5 (20 kPa), de manera que, si el transport compleix amb les sobrecàrregues de projecte establertes a la instrucció original amb què es va dimensionar l'estructura, es pot considerar viable el seu pas des del punt de vista estructural.

3. Finalment, en cas de superar les sobrecàrregues d'ús dels vials i de superar o no tenir informació sobre quines són les sobrecàrregues d'ús amb les que es van dimensionar les estructures de les estacions i els túnels de la infraestructura ferroviària caldrà dur a terme un anàlisi tenso-deformacional de les estructures de la infraestructura ferroviària que contingui, com a mínim, els aspectes que es recullen en ***l'Annex 3*** del present document.

8 Verificació dels Estats Límits

Aquest apartat es requerirà només si en l'apartat anterior i en l'anàlisi definit en l'Annex 3, si s'escau, es conclou que **la variació de tensions i/o esforços en la infraestructura ferroviària supera el 2% durant el transport o muntatge dels elements objecte del transport especial**. En aquells casos on el grau d'afectació a la infraestructura ferroviària sigui elevat o es vulgui comprovar la validesa del model de càlcul realitzat aquesta Direcció General pot requerir la verificació dels Estats Límits Últims també en l'estat actual.

S'han d'incloure totes les comprovacions que estableixi la normativa per tal de verificar els Estats Límit Últim (ELU) i els Estats Límit de Servei (ELS). Si alguna verificació no es considera pertinent i no s'inclou, tot i que la normativa ho estableixi, s'ha de justificar perquè no es considera.

Respecte els ELS de deformacions s'ha de garantir que les distorsions obtingudes en els elements estructurals del túnel no suposin una afectació en el trànsit ferroviari o l'ús de les estacions. A tals efectes es fa referència a la següent normativa:

- Que les distorsions en zona de via siguin admissibles segons les limitacions de peralt establertes a la norma NAV 3-0-5.2 o altres recomanacions o normatives vigents que l'autor de l'informe de no afectació cregui oportú sempre sota l'aprovació d'aquesta Direcció General.
- Que les distorsions en les pantalles del túnel/estació siguin admissibles segons recomanacions en bibliografia especialitzada (OTEO 2003) o altres recomanacions o normatives vigents que l'autor de l'informe de no afectació cregui oportú sempre sota l'aprovació d'aquesta Direcció General.

En cas que aquesta Direcció General no disposi de suficient informació de detall dels elements resistents (armadura de la secció, resistència del formigó, etc.) de la infraestructura ferroviària i per tant no se us hagi facilitat, per tal de verificar els Estats Límits s'acceptaran hipòtesis raonables al respecte - que caldrà justificar -, sempre i quan les comprovacions posteriors dels estats límit es compleixin folgadamente. Altrament, tal i com s'indica a l'apartat 3, caldrà realitzar una caracterització de les dimensions, l'estat de conservació i la resistència estructural de la

infraestructura ferroviària mitjançant una campanya d'inspecció del túnel i extracció de testimonis.

En cas que s'hagi de dur a terme un pla d'auscultació i contingències, caldrà verificar també els estats límit de les situacions corresponents a cadascun dels llindars de notificació (veure Document C. Pla d'auscultació i contingències).

9 Conclusions

Caldrà incloure les conclusions del document.

Annex 1. Plànols de recorregut

Annexar plànols del traçat a seguir pel transport especial.

Es recomana que el traçat del transport prioritzi els itineraris principals que es descriuen al document “PROTOCOL D’ACTUACIÓ PER A LA GESTIÓ DELS TRANSPORTS ESPECIALS EN EL TERME MUNICIPAL DE BARCELONA” redactat per l’Ajuntament de Barcelona i signat per l’enginyer de camins, canals i ports Jaume Llongueras i Mestre i l’enginyer industrial Raimon Bartra i Colomé, amb data de juny de 2013.

Annex 2. Plànols infraestructura ferroviària

Annexar plànols de les estructures dels túnels i estacions existents.

Annex 3. Metodologia per a l’avaluació de l’estat tenso-deformacional de la infraestructura ferroviària

En cas de superar les sobrecàrregues d’ús dels vials i de superar o no tenir informació sobre quines són les sobrecàrregues d’ús amb les que es van dimensionar les estructures de les estacions i els túnels de la infraestructura ferroviària caldrà dur a terme un anàlisi que contingui, com a mínim, els aspectes que es recullen a continuació:

A3.1 Mètode de càlcul utilitzat

Cal especificar el mètode de càlcul utilitzat per a l’obtenció de la variació de l’estat tenso-deformacional de la infraestructura ferroviària.

Poden ser **mètodes simplificats** basats en la Teoria de l’Elasticitat i el principi de superposició o bé **models numèrics** (Elements Finites, Diferències Finites,...) amb programes comercials.

A3.1.1 Mètodes simplificats

En cas d’utilitzar mètodes simplificats basats en la Teoria de l’Elasticitat i el principi de superposició, dels quals en resulten diagrames de distribució de tensions en el terreny, cal que provenguin de publicacions amb suficient renom i cal incloure la referència de la publicació.

Aquests mètodes han de servir per obtenir la variació de tensions i deformacions al terreny que envolta la infraestructura ferroviària.

Serà suficient justificar la no afectació a la infraestructura ferroviària mitjançant aquests mètodes simplificats, sempre que la variació de tensions al terreny de l’entorn de la infraestructura ferroviària no superi el 2% i els moviments (verticals i horitzontals) previstos al terreny de l’entorn del túnel siguin petits.

En cas d’obtenir variacions de tensions en el terreny de l’entorn de la infraestructura ferroviària superiors al 2%, caldrà elaborar un model numèric que permeti estimar la variació de tensions/esforços i deformacions en l’estructura ferroviària (no només en el terreny).

Aquests mètodes simplificats NO es podran utilitzar per justificar la no afectació a la infraestructura ferroviària en els següents casos (i, per tant caldrà, realitzar un model numèric):

- Si mitjançant un mètode simplificat s'ha obtingut una variació de tensions en el terreny que envolta el túnel superior al 2%.
- En cas de presència de múltiples estrats o nivells geològics amb diferents mòduls de deformació.
- Si cal dur a terme l'auscultació de la infraestructura ferroviària (Document Pla d'auscultació/Pla de contingències).
- Si es transmeten esforços transversals elevats deguts a l'excentricitat de la seva ubicació, a l'acció del vent o per altres causes.
- En presència de llims col·lapsables i/o argiles expansives.
- Altres casos que consideri aquesta Direcció General.

Alguns dels mètodes simplificats que es poden fer servir, n'hi ha d'altres, s'indiquen a continuació:

- Boussinesq, 1885 per a sabates aïllades
- Boussinesq, 1885 per a sabates corregudes/continues
- Boussinesq, 1885; Poulos and Davis, 1968 per pilots aïllats
- Holl, 1940; Fadum, 1948; Giroud, 1970 per càrregues rectangulars
- Newmark, 1935

A3.1.2 Models numèrics

En cas d'utilitzar un model numèric caldrà especificar el programa comercial amb el que s'ha elaborat i la seva versió.

L'anàlisi numèric ha d'acoblar l'estat tenso-deformacional amb el càlcul de pressions intersticials, ha de ser elaborat amb lleis de comportament de sòls que siguin elastoplàstiques i cal que incorpori totes les fases de les operacions.

El model numèric ha de servir per obtenir la variació de tensions/esforços i desplaçaments en l'estructura ferroviària.

Serà suficient justificar la no afectació a la infraestructura ferroviària sempre que la variació de tensions/esforços en l'estructura ferroviària no superi el 2%.

En cas d'obtenir variacions de tensions/esforços en l'estructura ferroviària superiors al 2%, caldrà verificar els estats límits d'acord a l'apartat 8.

Cal inserir captures de pantalla de les finestres on s'introdueixen les dades amb què es modelitzen els sòls i les estructures del programari de càlcul emprat. Caldrà que s'hi mostri, entre d'altres, quin és el paràmetre emprat per a modelitzar la interacció sòl-estructura (típicament anomenat R_{inter}).

A3.2 Seccions o punts analitzats

Caldrà incloure una planta i seccions on s'identifiqui la posició de les seccions o punts d'anàlisi considerats.

Tant si es fa servir un mètode simplificat com un model numèric **caldrà justificar que les seccions o punts d'anàlisi considerats** són els més desfavorables per avaluar la variació de tensions/esforços i desplaçaments que es produeixin en la infraestructura ferroviària.

A3.2.1 Mètodes simplificats

En cas d'utilitzar un **mètode simplificat**, en els punts d'anàlisi caldrà incloure, com a mínim, el següent:

- a) **Gràfic de l'abast del bulb** de variació de tensions considerat superposat amb la infraestructura ferroviària, en cas que la publicació del mètode considerat disposi del gràfic d'aquest bulb.
- b) Càlcul de l'increment de tensió i desplaçaments produïts a la infraestructura ferroviària deguts la nova actuació.

A3.2.2 Models numèrics

En cas d'utilitzar un **model numèric**, caldrà especificar també el següent:

- a) Mètode d'anàlisi emprat (2D o 3D)
- b) Model constitutiu del terreny considerat
- c) Perfil geològic-geotècnic modelat amb la indicació dels paràmetres del terreny considerats i la font.
- d) Característiques de les interfases terreny-estructura
- e) Justificació dels paràmetres per modelar els elements de l'estructura
- f) En cas de modelitzar elements de formigó en massa o d'obra de fàbrica mitjançant models constitutius del terreny caldrà aportar una justificació dels paràmetres basada en publicacions de suficient renom degudament referenciades.
- g) Condicions hidràuliques de l'anàlisi (drenat, no drenat, consolidació...).
- h) Condicions inicials del model.
- i) Condicions de contorn del model.
- j) Fases considerades en el model tant de la construcció de la infraestructura ferroviària com de les operacions a realitzar.
- k) Anàlisi de sensibilitat o anàlisi de variabilitat de paràmetres en cas que hi hagin incerteses sobre les dades de terreny o les estructures existents.
- l) Anàlisi de sifonament, en cas que hi hagi una variació de nivell freàtic significatiu.
- m) Anàlisi dels resultats obtinguts per a l'estat actual de la infraestructura ferroviària i concloure si són versemblants.
- n) Criteri de no afectació a estructures de formigó en massa o d'obra de fàbrica.

A3.3 Resultats

En cas d'utilitzar un mètode simplificat, cal desenvolupar tot el càlcul fins a l'obtenció del resultat final.

En cas d'utilitzar un model numèric, **per a cada secció** analitzada i per a cadascuna de les fases representatives del model s'ha d'incloure com a mínim els següents resultats:

- **Esforços/tensions en ELU i ELS previstos en la infraestructura ferroviària**, on es vegi amb claredat quins són els valors crítics i a quin/s punt/s de la infraestructura ferroviària es produeixen.
- **Desplaçaments horitzontals i verticals previstos en la infraestructura ferroviària**, on es vegi amb claredat quins són els valors màxims i a quin/s punt/s de la infraestructura ferroviària es produeixen.
- Estat tensional del terreny a l'entorn de la infraestructura ferroviària.
- Camp de **desplaçaments verticals i horitzontals del terreny** a l'entorn de la infraestructura ferroviària.

Aquests resultats del model numèric han de servir de base per a l'elaboració del Pla d'auscultació i contingències, en cas que sigui necessari presentar-lo.

A més, per a cada secció o punt d'anàlisi, s'ha d'incloure una taula resum on es compari l'estat tenso-deformacional actual amb el derivat de les noves sol·licitacions per justificar si la variació és nul·la o negligible o bé si cal tornar a verificar tots els Estats Límits (veure apartat 7).

Aquesta taula resum ha d'incloure com a mínim el següent:

a) Variació de tensions/esforços en la infraestructura ferroviària

Elaborar una **taula resum** on es visualitzin les tensions i/o esforços crítics en la infraestructura ferroviària en totes les fases representatives, que com a mínim seran les següents:

- Estat inicial
- Fase més crítica del procés

En aquesta taula caldrà indicar també el percentatge de variació corresponent de cada fase respecte l'estat actual.

b) Desplaçaments en la infraestructura ferroviària

Elaborar una **taula resum** on es visualitzin els desplaçaments màxims (verticals i horitzontals) en la infraestructura ferroviària en totes les fases representatives, que com a mínim seran les següents (es parteix de desplaçament nul en l'estat actual):

- Fase inicial
- Fase més crítica del procés
- Fase final

Caldrà indicar en quins punts de la infraestructura ferroviària es produeixen aquests desplaçaments.

Finalment, en base a l'anàlisi fet en els dos punts anteriors, en general es considerarà que els efectes de la nova actuació sobre la infraestructura ferroviària són menyspreables sempre i quan la màxima variació de tensions i/o esforços sigui igual o inferior al 2%. Si és superior al 2% cal que estigui degudament justificat, i que els desplaçaments siguin admissibles.

En cas que la variació sigui superior al 2%, caldrà verificar els Estats Límits Últims (ELU) i Estats Límits en Servei (ELS) d'acord amb la normativa corresponent.