

ORDRE D'ESTUDI EZ-MGB-24033

Renovació i millora del sistema de ventilació de la xarxa convencional d'FMB

Estudi per determinar les actuacions necessàries per a millorar el sistema de ventilació de la xarxa convencional existent d'FMB.

1. Dades generals

Tipus d'estudi	Estudi
Classe d'obra	Gestió
Subclasse d'obra	Modernització i millora

Línia

METRO: L1, L2, L3, L4, L5 i L11

Municipis afectats	Badalona, Barcelona, Cornellà de Llobregat, L'Hospitalet de Llobregat, Sant Adrià de Besòs, Santa Coloma de Gramenet, Esplugues de Llobregat
Comarques	Barcelonès, Baix Llobregat
Pressupost previst (PEC amb IVA)	NA
Òrgan redactor	Infraestructures de la Generalitat de Catalunya
Termini de redacció	12 mesos
Lliurament de maqueta	2 mesos abans del lliurament definitiu
Cal fer informació pública	No
Responsable del seguiment de l'estudi	Maria Calix Obensa

2. Definició de l'estudi a realitzar

2.1 Recopilació i auditoria del sistema de ventilació actual de la xarxa convencional de FMB

Es realitzarà l'auditoria de l'estat actual del sistema de ventilació existent de la xarxa convencional de FMB, a excepció de la Línia 1. Aquesta auditoria haurà d'incloure, entre d'altres:



- Recopilació d'informació documental sobre els sistemes a estudiar, incloent especificacions dels ventiladors i equips elèctrics
- Recopilació de referències tècniques i marc normatiu de referència
- Visita a totes les instal·lacions de cada línia (incloent pous i estacions) per constatar l'estat actual d'aquestes
- Presa de mesures per comprovar funcionament dels equips, incloent:
 - Proves d'engegada i aturada seqüencial
 - Mesures del cabal real dels ventiladors
 - Mesures de la velocitat del vent
 - Mesures de corrents elèctrics
 - Determinació del sentit d'impulsió de cada ventilador
- Proves i calibratge dels sensors existents
- Caracterització del camp de cabals, velocitats i pressions mitjançant la col·locació d'elements sensors per dades de modelització/calibratge del model
- Estimació de les pèrdues de càrrega dels pous de ventilació
- Visualització de les variables SCADA obtingudes

2.2 Modelització i simulació del sistema de ventilació actual

Es posarà a disposició del redactor la modelització realitzada per TMB de la Línia 1 amb el software IDA Tunnel, que servirà com a model i patró per a la realització del unidimensional de les línies L2, L3, L4 i L5 amb el mateix software i hipòtesis considerades a la L1 per tal d'obtenir un model de ventilació global unidimensional de la xarxa convencional del FMB.

Aquest nou model unidimensional serà lliurat en obert a DGIM/ICAT/FMB i serà propietat d'aquests. A partir d'aquest model, qualsevol nova actuació de ventilació que s'executi a la xarxa convencional es realitzarà actualitzant el model i verificant prèviament la seva idoneïtat.

Serà responsabilitat de l'adjudicatari calibrar el model amb tantes mesures reals a camp com siguin necessàries, una vegada el model estigui calibrat i es pugui demostrar matemàticament que respon a la situació actual de forma fidel s'iniciarà el procés de disseny de la nova ventilació de les línies. Per considerar que el model està ben calibrat, amb la situació actual en una simulació Long Term les temperatures que ha d'aportar el model han de coincidir amb els valors reals de temperatura que FMB disposa.

El disseny es realitzarà amb simulacions, que han de permetre donar una visió global del sistema de ventilació actual per tal d'identificar els punts crítics del sistema i una vegada identificats aquests dimensionar el nou equipament necessari en tots els pous afectats.

L'objecte de l'estudi serà portar al límit la infraestructura de ventilació actual, adoptant les següents estratègies en el següent ordre:

1. Portar al límit els pous existents majorant els ventiladors que es pugui per nous en els mateixos emplaçaments.
2. En les estacions que amb un nou pou no sigui suficient, es consideraran actuacions d'ampliació dels pous existents o de nous pous ventilació.

Les modelitzacions inclouran les següents **condicions de contorn**:

a. Fixes, que hauran d'incloure, com a mínim:

- Túnels, andanes, apartadors i cues de maniobra.
- Pous de ventilació i pous de compensació (tirs naturals)
- Ventiladors i altres mecanismes d'alteració del flux
- Hipòtesis sobre l'afectació d'altres infraestructures que condicionin el flux de ventilació

b. No fixes, que hauran d'incloure, com a mínim:

- Sèries del Material rodant
- Fluxos de passatgers
- Horaris comercials
- Altres interferències en el flux d'aire

I en els següents **règims de funcionament**:

a. Règim de confort (funcionament en condicions normals), en les quals s'haurà de:

- Considerar l'evolució de la temperatura durant el transcurs de períodes de temps curts (Short Term Simulation pel transcurs d'un dia) i llargs (Long Term Simulation pel transcurs d'un any), prenent les mesures de temperatura, pressió i velocitat d'aire que siguin necessàries en diferents estacions i seccions de túnel pel calibratge del model. Destacar que la majoria d'aquestes mesures s'hauran de fer en horari nocturn i reduït.
- Analitzar la qualitat de l'aire dins del túnel

b. Règim d'emergència (funcionament amb presència de fum), en les quals s'haurà de:

- Utilitzar com a condició inicial la corba de foc d'Ingason de 15MW amb un creixement quadràtic entre ràpid i mitjà, amb una durada d'1 h de potència màxima per a totes les simulacions.

- Verificar quin és el sostre de funcionament del sistema de ventilació en cas que no es compleixi la corba de foc.
- Comprovar quin és el grau de compliment de les normatives de seguretat en l'estat actual

2.3 Anàlisi de resultats i pla d'actuació

Una vegada completada la modelització de l'estat actual, caldrà determinar els punts crítics i detectar on es requereixen actuacions per tal de millorar el sistema de ventilació.

Aquest anàlisi ha de permetre plantejar millores del sistema de ventilació. Es podrà plantejar, entre altres, la renovació de ventiladors amb major potència, la millora de les conduccions de ventilació, la construcció de nous pous de ventilació i l'ampliació dels pous existents en punts estratègics.

Caldrà dur a terme noves simulacions amb el regim de funcionament òptim de la ventilació aportat per FMB d'acord a l'estudi de ventilació de L1 realitzat, per analitzar l'efectivitat de les millores plantejades.

Es valoraran econòmicament i es proposaran aquelles mesures més efectives per maximitzar la seguretat i el confort tenint en compte les limitacions derivades d'actuar sobre una infraestructura existent.

2.4 Estudi de viabilitat per a la construcció dels nous pous de ventilació necessaris.

Es duran a terme els estudis necessaris per a determinar la factibilitat de la construcció de nous pous de ventilació en els punts de la xarxa on s'hagin identificat mancances arrel dels models de ventilació resultants de l'apartat 2 per a les línies L2, L3, L4-L11 i L5 i en les interestacions de la Línia 1 que actualment no disposen de pou, ressenyades al punt 3.1.

Per a cadascun dels emplaçaments s'estudiarà l'entorn urbà, la urbanització, les edificacions i el futur desenvolupament urbanístic en superfície per tal de determinar la factibilitat del pou. En aquest cas es realitzarà el disseny conceptual del pou de ventilació i la valoració aproximada de la inversió requerida.

En aquells emplaçaments on sigui factible la construcció de nous pous de ventilació es procedirà a la corresponent simulació per analitzar la seva efectivitat. S'inclou en aquest cas també l'actualització del model realitzat per TMB de la línia 1 amb els nous pous a construir.

3. Condicionants a tenir en compte

3.1 Antecedents

El model de ventilació a la xarxa convencional de FMB es basa en aconseguir un flux d'aire d'estació a túnel mitjançant una impulsió d'aire des de l'estació (accessos + ventiladors d'estació) i un pou de ventilació ubicat en algun punt de la interestació treballant en extracció. El sistema permet la reversibilitat del flux quan és necessari.



Aquest model és el que es disposa a gran part de la xarxa de FMB i s'ha aplicat en els perllongaments construïts.

No obstant, per raons històriques, en algunes interestacions de algunes línies (principalment a L1) no

es disposa de pou de ventilació de túnel. Aquest fet provoca que les temperatures i qualitat de l'aire

en aquest tram siguin pitjors que la mitjana de la xarxa.

Tot i ser una actuació d'envergadura, és un objectiu millorar les condicions de temperatura i qualitat de l'aire de la xarxa de Metro, i és crític millorar les condicions. En particular TMB ha identificat els següents trams i estacions:

Línia 1

1. Rambla Just Oliveres-Can Serra
2. Torrassa-Santa Eulàlia
3. Mercat Nou-Plaça de Sants
4. Plaça de Sants-Hostafrancs
5. Universitat-Catalunya
6. Catalunya-Urquinaona
7. Urquinanona-Arc de Triomf
8. Arc de Triomf-Marina
9. Marina-Glòries

Línia 3

1. Plaça del Centre-Sants Estació-Tarragona
2. Liceu-Catalunya
3. Fontana-Lesseps

Línia 5

1. Ernest Lluch-Collblanc
2. Plaça de Sants-Sants Estació

Ahora hi ha estacions molt caloroses perquè no hi ha pous de ventilació interestació o perquè els pous de ventilació que hi ha son insuficients. A continuació el llistat de les 20 estacions més caloroses:



Línia	Estació	Via	T [°C] 2022	T [°C] 2023
L1	120 Plaça de Sants	Via 1	35,04	34,95
L5	520 Hospital Clínic	Via 1	35,20	34,63
L1	123 Rocafort	Via 1	34,65	34,09
L1	121 Hostafrancs	Via 1	33,94	33,90
L1	131 Clot	Via 1	33,90	33,83
L5	522 Verdaguer	Via 1	34,19	33,42
L1	122 Espanya	Via 1	34,13	33,03
L5	525 Camp de l'Arpa	Via 1	33,58	32,60
L5	515 Collblanc	Via 1	33,42	32,56
L5	517 Plaça de Sants	Via 1	32,99	32,55
L3	328 Diagonal	Via 1	33,22	32,04
L1	140 Fondo	Via 1	31,84	31,95
L3	321 Espanya	Via 1	32,77	31,94
L3	327 Passeig de Gràcia	Via 1	32,74	31,82
L3	322 Poble Sec	Via 1	32,61	31,73
L5	521 Diagonal	Via 1	32,66	31,71
L3	329 Fontana	Via 1	32,66	31,70
L1	134 Fabra i Puig	Via 1	31,74	31,67
L1	114 Rambla Just Oliveras	Via 1	32,00	31,63
L5	516 Badal	Via 1	31,01	31,45

Les dades de temperatura corresponent a la mitja interior en els mesos d'estiu.

Existeix un Estudi Integral de Ventilació per a la Línia 1, que serà presentat com a referència per a la resta d'estudis.

3.2 Estudis i projectes coetanis

Per a la redacció del present projecte caldrà tenir en compte, si escau, el que recullin els següents estudis i projectes:

- Projecte constructiu “Actuacions de millora de l'evacuació i de l'accessibilitat de l'intercanviador de l'estació de Plaça Espanya (L1 i L3 d'FMB i L8 d'FGC)”. Clau TM-11016
- Projecte constructiu “Actuacions de millora de l'evacuació i de l'accessibilitat de l'intercanviador de l'estació de Plaça Espanya (L1 i L3 d'FMB i L8 d'FGC). Ventilació, evacuació i accessibilitat”. Clau TM-11016.1
- Projecte constructiu “Actuacions de millora de l'evacuació i de l'accessibilitat de l'intercanviador de l'estació de Plaça Espanya (L1 i L3 d'FMB i L8 d'FGC). Ventilació Línia 1”. Clau TM-11016.2
- Estudi d'alternatives per a la millora de l'evacuació de les andanes de l'intercanviador d'Arc de Triomf (L1 d'FMB i RENFE). Clau EA-MIB-23026
- Projecte bàsic “Perllongament de la línia L1 dels FMB entre les estacions de Fondo i de Lloreda - Sant Crist. Santa Coloma de Gramenet – Badalona”. Clau PB-TM-07384.1
- Projecte constructiu “Millora de l'accessibilitat i adaptació a la normativa de l'intercanviador de l'estació de Clot (L1 i L2 d'FMB i RENFE). Fase 1”. Clau TM-04310.1-AA
- Projecte constructiu “Actuacions de millora de l'evacuació i de l'accessibilitat de l'estació de L1 de l'intercanviador de Plaça de Sants d'FMB”. Clau TM-11022.2
- Projecte constructiu “Ampliació de l'accés del carrer Badajoz de l'estació de Glòries de l'L1



del Ferrocarril Metropolità de Barcelona (FMB). Barcelona. Fase 3. Remodelació del vestíbul actual i ascensor vestíbul-andana". Clau PC-MGB-22007.F3

- "Proyecto Básico y de Construcción para la Rehabilitación de la Estación de Plaça de Catalunya (Barcelona)" promogut per l'Adif.
- Projecte constructiu "Actuacions de millora de l'evacuació i de l'accessibilitat de l'estació de L5 de l'intercanviador de Plaça de Sants d'FMB". Clau TM-11022.1-A1
- Projecte constructiu "Millora de l'accessibilitat dels intercanviadors de Sants - Estació (línies L3 i L5 dels FMB - línies ADIF), Passeig de Gràcia (línies L2, L3 i L4 dels FMB) i Catalunya (línies L1 i L3 dels FMB). Barcelona. Fase 1. Catalunya i Passeig de Gràcia". Clau: TM-16202.F1
- Projecte constructiu "Millora de l'accessibilitat dels intercanviadors de Sants - Estació (línies L3 i L5 dels FMB - línies ADIF), Passeig de Gràcia (línies L2, L3 i L4 dels FMB) i Catalunya (línies L1 i L3 dels FMB). Barcelona. Fase 2. Sants-Estació". Clau: TM-16202.F2
- Projecte constructiu "Millora de l'accessibilitat i adaptació a la normativa de l'intercanviador de Verdaguer (L4 i L5 d'FMB). Fase 1". Clau: TM-04312.1-A1
- Projecte constructiu "Millora de l'accessibilitat i adaptació a la normativa de l'intercanviador de Verdaguer (L4 i L5 d'FMB). Fase 2. Nous vestíbuls Bailèn L5 i Passeig Sant Joan L4". Clau: TM-04312.2
- Projecte constructiu "Projecte d'Infraestructura, via i electrificació del Perllongament de la Línia 4 de l'FMB. Tram: La Pau-Sagrera Meridiana. Ascensor PMR andana La Pau". Clau: TM-04426.1.2
- Projecte constructiu "Perllongament de la línia L4 dels FMB entre les estacions de la Pau i la Sagrera. Barcelona". Clau: TM-04426.1.3
- Projecte constructiu "Renovació de la senyalització ATP-ATO de la L4 d'FMB". Clau: PC-MIB-19036
- Projecte constructiu "Ampliació dels tallers i cotxeres de Sant Genís de la línia 3 dels FMB. Barcelona". Clau: PC-MIB-20029
- Projecte constructiu "Millora de l'accessibilitat de l'estació de Ciutadella - Vila Olímpica de la línia 4 del FMB. Barcelona". Clau: TM-11020.F1
- Projecte constructiu "Millora de l'evacuació de l'estació de Ciutadella - Vila Olímpica de la línia 4 d'FMB. Barcelona". Clau: PC-MIB-23111.1
- Projecte constructiu "Millora de l'evacuació de l'estació de Barceloneta de la línia 4 d'FMB. Barcelona". Clau: PC-MIB-23111.2
- Projecte constructiu "Millora de l'evacuació de la línia 4 de la xarxa d'FMB. Estacions de Joanic, Girona, Jaume I, Poblenou, Besós. Barcelona". Clau: PC-MIB-23111.3

3.3 Sistema de control intel·ligent de la ventilació, RESPIRA.

Metro de Barcelona té en servei un sistema de control intel·ligent de la ventilació mitjançant sensorització interior i dades meteorològiques exteriors que aplica la millor estratègia de ventilació de forma dinàmica hora a hora per criteris d'eficiència, confort o qualitat de l'aire.

Aquest sistema està en funcionament a tota la xarxa convencional des de 2020 i les dades de



temperatura i humitat de cada estació es poden posar a disposició del projectista com ajuda a l'estudi.

3.4 Criteris generals de disseny

Els paràmetres i criteris de disseny a aplicar seran:

- Minimització de les necessitats de manteniment
- Minimitzar afeccions a l'explotació
- Minimitzar cost i termini d'execució de l'obra
- Maximitzar eficiència energètica de la nova instal·lació

3.5 Normativa d'aplicació

Es tindrà en compte, sense caràcter limitatiu i en tot allò que sigui de la seva aplicació (total o parcial), la següent normativa genèrica:

- DECRET 209/2023, de 28 de novembre, pel qual s'aprova el Codi d'accessibilitat de Catalunya.
- Llei 4/2006, del 31 de març, ferroviària.
- Llei 3/2007, del 4 de juliol, de l'obra pública.
- Llei 3/2010, de 18 de febrer, de prevenció i seguretat en matèria d'incendis en establiments, activitats, infraestructures i edificis.
- Plecs d'Especificacions Tècniques vigents a la xarxa de FMB
- Instruccions Tècniques del Reglamento Electrotécnico (REBT)
- Reglament d'instal·lacions de protecció contra incendis (RIPCI)
- Reglamento d'instal·lacions tèrmiques en edificis (RITE)
- Normes tècniques sobre seguretat contra incendis a la xarxa ferroviària soterrada a Catalunya.
- Plecs de condicions tècniques de FMB, última actualització
- NFPA 130
- ISTF instruccions sobre seguretat en túnels ferroviaris

També serà d'aplicació tota la nova normativa o modificació de l'existent, que entri en vigor durant la

redacció dels estudis, ja sigui estatal o autonòmica, del propi Operador o d'Infraestructures.cat.



Generalitat de Catalunya
Departament de Territori, Habitatge
i Transició Ecològica

**Direcció General
d'Infraestructures de Mobilitat**

Vist i plau,

Pedro Malavia Cuevas

Subdirector general de Projectes i Obres

Signat electrònicament

David Prat Soto

Director general d'Infraestructures de Mobilitat

Signat electrònicament