



**Diputació
Barcelona**

Àrea de Territori i Sostenibilitat

Gerència de Serveis de Medi Ambient

Oficina Tècnica d'Avaluació

i Gestió Ambiental

**Estudi i anàlisi del diòxid de nitrogen (NO₂)
a l'entorn de l'escola El Vapor (Terrassa)**

Núm. d'expedient: 2016 / 4987

Febrer 2017

Estudi i anàlisi del diòxid de nitrogen (NO₂) a l'entorn de l'escola El Vapor (Terrassa)

Comissió tècnica de seguiment

Per part de la **Diputació de Barcelona**

- Maria Llorens: Cap de la Secció de Diagnosi i Control Ambiental

Per part de l'**Ajuntament de Terrassa**

- Josep Latorre: Cap del Servei de Qualitat Ambiental
- Pau Sales: Tècnic Qualitat de l'Aire

Per part de l'**Associació BiciTerrassa Club (BiTer)**

- Haritz Ferrando: Tècnic de projectes

Terrassa, 10 de febrer de 2017



**Diputació
Barcelona**



Medi Ambient i Sostenibilitat



ÍNDEX

1. Resum.....	4
2. Introducció i antecedents.....	5
2.1 L'Ajuntament de Terrassa.....	5
2.2 L'escola El Vapor.....	5
3. Objectiu i estructura de l'estudi.....	6
4. La contaminació de l'aire	6
4.1 El problema de la mala qualitat de l'aire a les ciutats.....	6
4.2 Què podem fer per millorar la qualitat de l'aire?.....	7
4.3 El diòxid de nitrogen (NO ₂).	8
5. Metodologia.....	10
5.1 Com funcionen els tubs de difusió passiva	10
5.2 Treball de camp.....	11
5.3 Reunions prèvies a l'escola	12
5.4 Ubicació dels tubs.....	13
6. Resultats.....	16
6.1 Verificació de les dades amb l'estació de la XVPCA.....	16
6.2 Valors obtinguts.....	17
6.3 Relació entre el volum de trànsit de la contaminació per NO ₂	20
7. Conclusions	21
7.1 Sobre els valors de NO ₂ obtinguts	21
7.2 Sobre la metodologia dels tubs de difusió passiva.....	21
8. Referències.....	22
9. Annexes	22

1. RESUM

La Diputació de Barcelona, a proposta del Servei de Medi Ambient de l'Ajuntament de Terrassa, acorda la realització de l'estudi i anàlisi del diòxid de nitrogen (NO₂) a l'entorn de centres escolars de Terrassa [Diputació de Barcelona]. La metodologia triada és la de captadors passius, mitjançant tubs de difusió. L'escola triada per a la prova pilot és l'escola El Vapor, per la seva trajectòria en accions relacionades amb el Camí Escolar, i en particular, la sensibilització que s'ha estat duent a terme sobre els efectes de la contaminació atmosfèrica. Aquest estudi ha estat realitzat per l'associació BiciTerrassa Club (BiTer) que compta amb el personal qualificat necessari.

Aquest document presenta el procés de col·locació dels tubs i les dades obtingudes durant el període des del 14 d'octubre al 2 de novembre de 2016. Els nivells de NO₂ a l'aire s'han mesurat com a indicador de la contaminació atmosfèrica. L'estudi s'ha realitzat mitjançant tubs passius de difusió de NO₂ del tipus Palmes, establert com a mètode indicatiu.

Dels 13 tubs utilitzats per a l'estudi, 10 han estat col·locats al voltant de l'escola i 3 a l'estació de mesurament de la Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA), a la Rambleta del Pare Alegre. D'aquest 3, un ha estat el tub de control, el valor del qual ha estat dintre de l'esperat. La comparativa dels valors obtinguts a l'estació de mesurament amb els dels tubs de difusió dona valors molt semblants, sent aquest darrers lleugerament superiors, com és habitual en estudis semblants.

Al voltant de l'escola, s'han col·locat els 10 tubs a diferents ubicacions en funció dels criteris següents: distància de l'escola (de 0 a 400 m), tipus de carrers (amples o estrets) i intensitat de vehicles (de 0 a 22.000 vehicles al dia).

El 50% dels 10 punts de mesurament de l'NO₂ al voltant de l'escola recullen valors per sobre del límit anual de protecció de la salut humana de 40 µg/m³ d'NO₂, segons la legislació vigent. Es veu una relació clara entre els valors obtinguts d'NO₂ i la intensitat de vehicles que passen pel carrer. A més trànsit de vehicles i a més proximitat dels carrers més transitats, major concentració de NO₂. Aquesta constatació, encara que previsible, confirma que l'origen principal d'aquest contaminant prové dels gasos de combustió dels vehicles motoritzats.

Aconseguir reduir els nivells de NO₂ per sota de 40 µg/m³ al llarg de l'any, només és possible amb canvis estructurals que provoquin un canvi important en els hàbits de mobilitat. Les mesures necessàries passen per crear un nou model de ciutat amb més espais per a les persones, per a les bicicletes i per al transport públic, implantar mesures de restricció de l'ús dels cotxes i motos més contaminants, fent servir l'etiquetatge de la DGT, i mesures incentivadores per als vehicles de combustió més eficients i els elèctrics.

La posta en pràctica de la metodologia de captadors passius, mitjançant tubs de difusió s'ha fet sense problemes, de manera ràpida i cap dels tubs ha patit incidències o presentat valors anormals. El cost econòmic d'aquesta tècnica fa que sigui molt atractiu per als ajuntaments i, fins i tot, per entitats privades (associacions de veïns, AMPAs,...) que vulguin conèixer l'estat de la contaminació d'un entorn, i poder fer comparatives, per exemple, abans i després d'un canvi urbanístic amb afectacions al trànsit. Aquesta metodologia permet dur a terme activitats educatives a les aules per apropar a l'alumnat l'anàlisi experimental i sensibilitzar sobre el problema de la contaminació de l'aire.

2. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS

2.1 L'Ajuntament de Terrassa

La Generalitat va incloure Terrassa en la zona de protecció especial (ZPE) de l'ambient atmosfèric per les partícules en suspensió de diàmetre inferior a 10 micres (PM₁₀) i diòxid de nitrogen (NO₂), i va aprovar el Pla d'actuació per a la millora de la qualitat de l'aire a les zones de protecció atmosfèrica, el mes de setembre de 2014.

En aquest marc, l'Ajuntament de Terrassa ha elaborat el Pla de Millora de Qualitat de l'Aire 2015-2020, i que proposa accions concretes per a la millora i el restabliment de la qualitat de l'aire al nostre municipi. Aquest Pla ha estat aprovat inicialment pel Ple en sessió del dia 26 de febrer de 2015 [PMQA, Ajuntament de Terrassa].

El document inclou un anàlisi de la situació actual, l'inventari en el qual s'identifiquen les principals fonts d'emissió i quina és la seva contribució a la contaminació del municipi, i un pla d'acció per a la millora de la qualitat d'aire en el que es preveuen mesures concretes. Segons demostra la diagnosi del Pla, el trànsit és el sector que contribueix majoritàriament al conjunt de les emissions del municipi. Degut a la complexitat del sector, que engloba desplaçaments en vehicle privat, transport públic i altres modes de mobilitat activa, només la implementació progressiva d'un conjunt de mesures complementàries i sinèrgiques a les contemplades al Pla de mobilitat urbana de Terrassa pot ajudar a la reducció de les emissions i el restabliment dels nivells de qualitat de l'aire del municipi.

El Pla identifica 43 mesures que, englobades en 8 línies de treball, tenen l'objectiu de reduir les emissions dels vehicles, d'augmentar la utilització del transport públic i col·lectiu, i de reduir-ne les emissions, d'incrementar el nombre de desplaçaments a peu o en bicicleta, de reduir les emissions derivades de la distribució urbana de mercaderies, dels serveis municipals, de les obres i de les indústries, i finalment de reforçar les activitats de divulgació, sensibilització i participació ciutadana, de seguiment de la qualitat de l'aire i d'actuació en episodis de contaminació.

Entre aquestes, es troben les tres mesures que la Generalitat obliga a incorporar en els plans elaborats pels municipis, inclosos en la zona de protecció especial (ZPE) de l'ambient atmosfèric per les partícules en suspensió de diàmetre inferior a 10 micres (PM₁₀) i diòxid de nitrogen (NO₂). Una d'aquestes mesures és la reducció de contaminació en zones escolars, i per a realitzar-se, la mesura 26 "Crear una xarxa de camins escolars" hi tindrà un paper molt significatiu.

2.2 L'escola El Vapor

L'escola El Vapor es troba en el límit nord del barri del Centre, davant de la via de tren i del passeig Vint-i-dos de Juliol. L'any 2011, l'AMPA de l'escola va crear una comissió del Camí Escolar, i es va iniciar una sèrie d'accions per reduir l'impacte ambiental i millorar la seguretat de la mobilitat de les famílies.

Segons dades d'una enquesta duta a terme l'any 2015 a les classes de 3t, 4t i 5è, es va obtenir que un 33% dels desplaçaments es fan en cotxe, i que un 40% d'aquests

desplaçaments amb cotxe es fan per a trajectes que es podrien fer en menys de 15 minuts caminant.

Algunes accions destacades que s'han dut a terme són: habilitar un aparcament de bicicletes i patinets en un solar cedit al costat de l'escola, elaborar un Manual de Mobilitat Sostenible i Segura, acordar aparcament gratuït al supermercat Esclat per a les famílies, vals descompte a l'aparcament PESMO i accions tipus "performances" de sensibilització, entre d'altres.

L'any 2014 a iniciativa de pares/mares de les escoles Bisbat d'Ègara, El Vapor i França, es va crear un grup de treball per impulsar el projecte de Camí Escolar a Terrassa. Es va crear un bloc www.camiescolarterrassa.cat per difondre les iniciatives locals i les d'altres municipis.

3. OBJECTIU I ESTRUCTURA DE L'ESTUDI

L'objectiu d'aquest estudi és provar la metodologia de mesurament de la concentració mitjana d'NO₂ mitjançant tubs passius de difusió. S'ha escollit l'entorn d'una escola de Terrassa que es troba en procés de realització del seu Camí Escolar. Aquest estudi no pretén ser un estudi científic, sinó un pas previ per determinar la idoneïtat de la metodologia per un estudi d'àmbit més gran.

Els resultats d'aquest estudi estan resumits en aquest treball. Aquest inclou informació sobre la contaminació de l'aire a les ciutats, descripció del mètode utilitzat en l'estudi, la presentació dels resultats obtinguts i conclusions d'aquests.

4. LA CONTAMINACIÓ DE L'AIRE

4.1 El problema de la mala qualitat de l'aire a les ciutats

El 90% de la població urbana de la Unió Europea està exposada a concentracions d'algun dels contaminants atmosfèrics que l'Organització Mundial de la Salut (OMS) considera nocius. Els efectes dels contaminants sobre la salut poden ser episòdics o crònics. Són episòdics quan la persona s'exposa a altes concentracions de contaminants durant un període curt, d'hores o de dies, per motius de situacions excepcionals. En canvi, els efectes són crònics quan es tracta d'exposicions a concentracions de contaminants més baixes, però de manera continuada.

La declaració d'episodis ambientals de contaminació la fa el Govern de la Generalitat quan hi ha, o es preveu que hi pugui haver, nivells anòmals de concentració de determinades substàncies a l'atmosfera. Els efectes sobre la salut per motiu dels episodis perjudiquen, sobretot, a la població de risc, i són importants tot i que es donen pocs dies de l'any. Ara bé, la qualitat de l'aire que respirem quotidianament és més rellevant perquè té efectes continuats sobre la salut de tota la població durant tot l'any; aquests efectes, que poden esdevenir crònics, afavoreixen la persistència o l'increment de determinades malalties i indueixen a una sobremortalitat i al descens de l'esperança de vida de la població.

Els efectes més habituals de la contaminació de l'aire són la irritació de les mucoses (ulls, nas i esòfag), afectacions en el sistema respiratori (irritació, inflamació, asma, reducció de la funció pulmonar...) i afectacions en el sistema cardiovascular (vasoconstricció, alteració del ritme cardíac...) causades principalment per l'ozó (O₃), el diòxid de nitrogen (NO₂), el diòxid de sofre (SO₂) i les partícules en suspensió (PM₁₀). Els contaminants atmosfèrics també tenen un efecte negatiu sobre l'entorn, ja siguin les edificacions, els ecosistemes o els conreus [Gencat, 2015].

A Terrassa, la contaminació prové principalment del transport motoritzat i, en mesura molt inferior, de les activitats industrials. Els principals contaminants atmosfèrics són:

- NOx: Òxids de Nitrogen (NO, NO₂)
- PM: Partícules en Suspensió (PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁)
- UFP: Partícules Ultra Fines

Cada dia a Terrassa i a la seva àrea metropolitana, hi ha milers de desplaçaments amb vehicles motoritzats que contribueixen a augmentar la contaminació de l'aire amb els gasos que expulsen. Els més contaminants són els que tenen motors dièsel. Els vehicles també alliberen partícules nocives procedents de l'asfalt, els pneumàtics i els frens. Segons el Pla de Qualitat de l'Aire de Terrassa, el 76% de les emissions de NO₂ i el 80% de les emissions de PM₁₀ que es generen dins del terme municipal de Terrassa, estan relacionades amb el trànsit de vehicles. Resulta destacable que més d'un terç de les emissions generades pel trànsit s'emeten en les carreteres C-16 i C-58, i per tant es tracta de vies que l'Ajuntament no hi té competència.

4.2 Què podem fer per millorar la qualitat de l'aire?

La principal font d'emissió, amb molta diferència, són els vehicles de combustió. Per tant, són l'objecte sobre el qual s'ha d'actuar. La part positiva, és que només depèn de nosaltres mateixos per rectificar aquest rumb autodestructiu. A nivell particular cal evitar l'ús d'aquests vehicles, optant per el transport col·lectiu, compartit o actiu (bicicleta, a peu). Però a més, si modifiquem els nostres hàbits de compra, amb productes de proximitat i de temporada, podem ajudar a reduir les emissions de contaminants per trànsit. Des de les administracions cal fomentar aquest canvi d'hàbits, i cal apostar per un altre model de ciutat, donat que aquest ha quedat obsolet, i ens condemna a morir ofegats pels contaminants que emetem.

L'Ajuntament de Terrassa ja ha posat en marxa canvis importants amb el Pla de mobilitat urbana 2016-2021, com per exemple:

- Planteja una proposta de pla de mobilitat que posa l'accent en la identificació d'una zona urbana protegida (ZUAP) a l'àmbit central de la ciutat i en la transformació de carrers de barri en llocs de preferència per a vianants, per fer possible diferents funcions de la vida ciutadana com l'estança, el joc i l'autonomia dels infants, l'oci i la relació social entre veïns i veïnes.
- Proposa alhora reequilibrar l'espai públic, assignant més espai per a vianants, bicicletes i transport públic, ja que en l'actualitat, el 66% de l'espai dels carrers està destinat a la circulació de vehicles privats i a l'estacionament i només un 34% als vianants, quan representen un 60% de la mobilitat interna.
- Crea proximitat, fent que les distàncies es percebin més curtes gràcies a millores de confort i accessibilitat als carrers, amb ampliacions de voreres, posant bancs, arbrat, millorant les condicions d'accessibilitat o ampliant l'espai

destinat a les persones vianants amb transformacions de baix cost, amb creativitat i imaginació.

4.3 El diòxid de nitrogen (NO₂).

El diòxid de nitrogen (NO₂) és un compost químic format per molècules d'oxigen i de nitrogen. Entre els diversos òxids de nitrogen, és un dels que més contaminen i un dels causants de l'anomenada pluja àcida.

El diòxid de nitrogen és de color marró groguenc. Es crea com a resultat dels processos de combustió a altes temperatures, com els que tenen lloc en vehicles de motor i en plantes termoelèctriques. Per això és un contaminant freqüent en zones urbanes.

La problemàtica del diòxid de nitrogen es focalitza a l'àmbit urbà: a Catalunya, un 21% de la població respira aire contaminat per NO₂. Són les àrees de Barcelona i del Vallès - Baix Llobregat, les que donen superacions en els valors límits de NO₂ [Ecologistas en Acción].

Aquest contaminant provoca greus afeccions sobre la salut de les persones: és el causant de problemes respiratoris, dificulta el desenvolupament cognitiu dels infants i presenta efectes nocius al feto, la melsa i la sang. A Espanya se li atribueixen més de 5.900 morts prematures, a causa de les elevades concentracions en zones urbanes.

Un nivell més elevat de conscienciació ciutadana a l'hora d'utilitzar els vehicles motoritzats privats, especialment si són de motor dièsel, afavoriria una reducció d'aquest gas tan nociu per a la nostra salut i l'entorn ambiental.

584 kg d'NO₂ a l'any és el que respirem el conjunt de la ciutadania de l'àrea metropolitana. Aquest càlcul prové de la mitjana anual de concentració d'NO₂ a l'aire multiplicada per l'aire respirat per la població de l'àrea metropolitana de Barcelona. El que seria equivalent a 46,72 bombones de butà plenes de NO₂ [AMB, 2017].

Normativa de referència

El Reial Decret 102/2011, del 28 de gener, relatiu a la millora de la qualitat de l'aire, és el marc normatiu per tal d'avaluar la qualitat de l'aire. A Catalunya, l'eina principal per avaluar la qualitat de l'aire és la Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA).

Els valors límit pel diòxid de nitrogen (NO₂) per a la protecció de la salut humana, nivell crític dels òxids de nitrogen per a la protecció de la vegetació i el llindar d'alerta de NO₂, establert a l'article 20 del Reial Decret 102/2011, són els següents:

Valor límit horari per a la protecció de la salut humana: 200 µg/m³ de NO₂ No superables en més de 18 ocasions en un any civil	Valor límit anual per a la protecció de la salut humana: 40 µg/m³ de NO₂	Nivell crític per a la protecció de la vegetació: 30 µg/m³ de NO_x (Expressat com NO₂) en un any civil	Llindar d'alerta: 400* µg/m³ (Horari)
---	--	---	---

* Durant 3 hores consecutives en una àrea de com a mínim 100 km² o una zona d'aglomeració.

A la figura 1 es pot veure com s'ha superat el valor límit anual de mesurament en el punt de la Rambla Pare Alegre de Terrassa, durant els darrers anys.

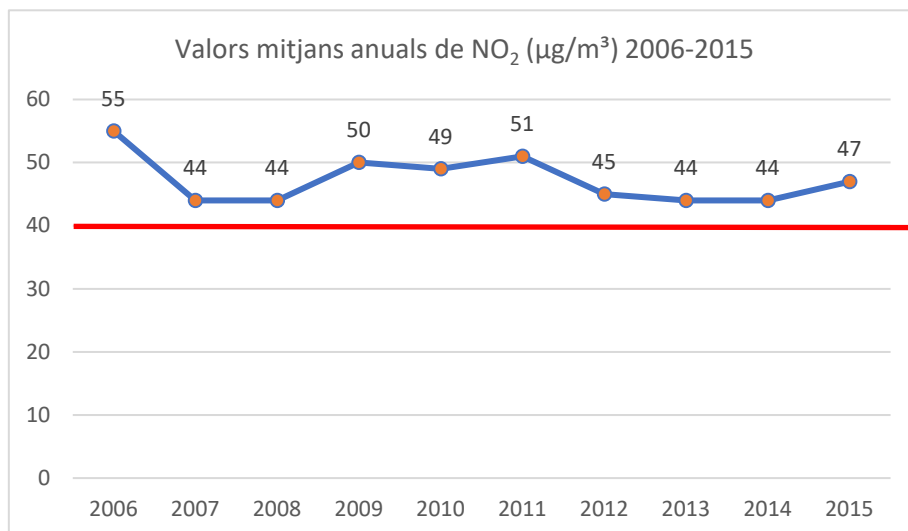


Figura 1: Evolució temporal de la mitjana anual d' NO_2 a la ciutat de Terrassa.
Font: [PMQA, Ajuntament de Terrassa] i [Anuari Terrassa, 2016].

Durant els darrers anys, la renovació del parc mòbil i la reducció en les intensitats de trànsit dels carrers de Terrassa s'han traduït en una reducció dels nivells d'immissió de les partícules (PM_{10}), assolint valors força inferiors al valor límit fixat en la normativa vigent. En canvi, en relació al diòxid de nitrogen (NO_2), com mostra la figura 1, durant els darrers anys el valor mitjà anual s'ha situat entre un 10 i un 20% per damunt del límit marca per la legislació ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$), marcat amb una línia vermella.

L'anàlisi de les dades durant un dia feiner tipus, per exemple dilluns, (figura 2), ens mostra que existeixen dos pics clarament definits, un al matí, entre les 8 i les 10h, i un altre més elevat al vespre coincidint amb el màxim d'activitat del sector trànsit, entre les 18h i les 21h, en vermell es mostra el límit normatiu per a la mitjana anual ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

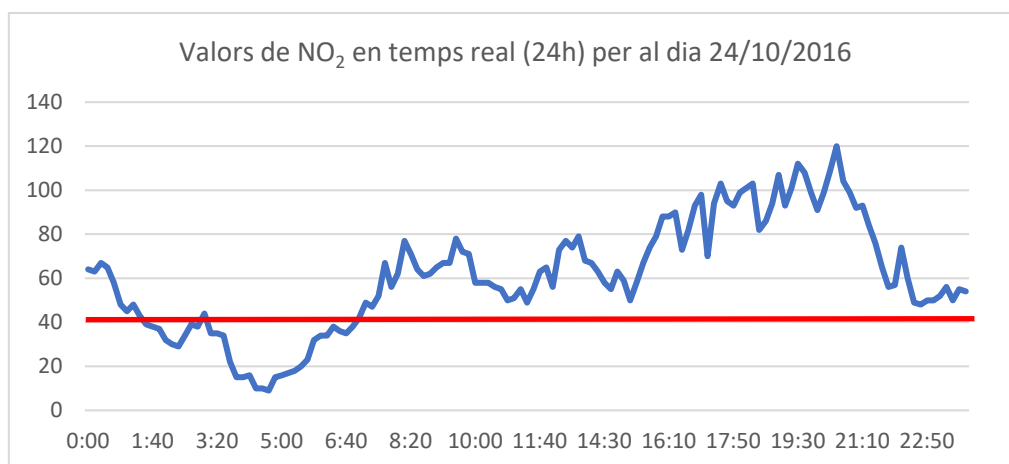


Figura 2: Evolució diària dels valors en temps reals d' NO_2 , cada 10 minuts, durant les 24 hores del dia 24/10/2016. Font: [Gencat, 2017]

5. METODOLOGIA

5.1 Com funcionen els tubs de difusió passiva

El mètode utilitzat en aquesta avaluació de la qualitat de l'aire és l'anomenat de tubs de difusió passiva. Aquesta tècnica indicativa té alguns avantatges, si es compara amb els sistemes automàtics, molt més sofisticats. Aquest mètode és molt econòmic, ajuda a cobrir àrees molt extenses i es pot aplicar fàcilment. A més a més, aquesta tècnica no necessita manteniment, calibració ni electricitat. Tot i la falta d'estàndards nacionals o internacionals que governin el seu ús, els tubs passius són utilitzats extensivament al Regne Unit i Europa com un mètode indicatiu. Molts ajuntaments del Regne Unit tenen xarxes permanents de mesura de l'NO₂, però també s'utilitza com a activitat educativa a les escoles de primària, amb la participació activa de l'alumnat.

Un tub passiu de difusió de NO₂ del tipus Palmes (figura 3) és un captador de gas que consisteix en un tub acrílic de 7,1 cm amb un diàmetre intern de 1,1 cm. Una membrana impregnada de triethanolamine (TEA) col·locada al tap superior del captador (color blau) absorbeix el diòxid de nitrogen de l'aire. El transport del gas a través del tub és degut al procés físic de difusió.

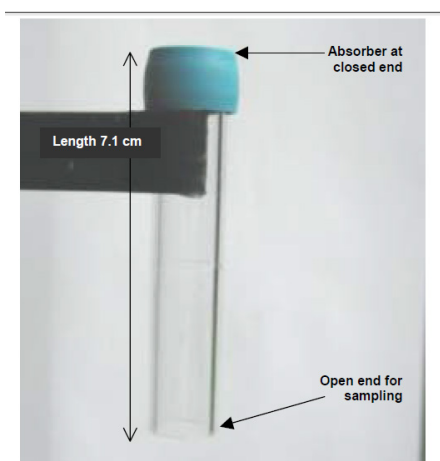


Figura 3: Tub passiu de difusió de NO₂ de tipus Palme. Font: [AEA Energy & Environment]

Passat el temps mínim recomanat d'exposició, els tubs de difusió es retiren i s'envien al laboratori on es realitza una extracció aquosa del nitrat del filtre de cada tub i es determina la seva concentració per espectrofotometria. Finalment, mitjançant una equació de difusió, es converteix la concentració de nitrat al filtre a la concentració de NO₂ en l'aire ambient (µg/m³).

Els tubs de difusió han estat subministrats per l'empresa 4sfera Innova (www.4sfera.com), representant de l'empresa anglesa Gradko (www.gradko.com).

En els Annexes, es pot veure el full de control dels tubs amb els resultats del laboratori.

5.2 Treball de camp

Del 14 d'octubre al 2 de novembre de 2016, es van instal·lar 13 tubs de difusió per mesurar l'NO₂. Durant la instal·lació dels tubs, van ser-hi presents 3 persones, representants de la Diputació de Barcelona, Ajuntament de Terrassa i el BiciTerrassa Club (BiTer). 10 tubs es van instal·lar al voltant de l'escola El Vapor i els altres 3 a l'estació de mesurament de la Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA), de la Rambleta del Pare Alegre. La col·locació es va realitzar amb una escala d'alumini, es van fixar els tubs principalment a fanals amb unes brides de plàstic i es va trigar 2 h i 30 min. La recollida de tubs es va fer en 1 h i 45 min. La pluviometria durant aquest període va ser més baixa de l'habitual: 7,4 o 12,8 mm, segons l'estació meteorològica consultada; la temperatura mínima 9,3 °C i la màxima 24,5 °C.

A la taula 1, es mostra la descripció de la ubicació de cada punt de mesurament i les condicions que poden tenir influència en els valors obtinguts: amplada del carrer, alçada dels edificis propers, intensitat mitjana diària de vehicles (IMD), orientació del tub, alçada del tub en el punt de mostreig, distàncies a la façana i a la calçada. La seva localització sobre plànol es pot veure a la figura 4.

Taula 1: Descripció dels punts d'ubicació dels tubs de difusió.

Punt	Ubicació	Amplada del carrer (m)	Alçada Edifici (m)	IMD*	Orientació	Alçada (m)	Distància de la façana (m)	Distància de la calçada (m)
1	Punt de Mesurament XVPCA	50,75	15	15.200	N-S	3,40	-	5 / 7,10
2	Rambla d'Egara 372	20 / 50	30	22.120	N-S	2,93	3,60	0,9
3	Pg. Vint-i-dos de Juliol 186	9,9 / 35	20	9.400	E-O	3,00	3,60	2
4	Pg. Vint-i-dos de Juliol 240	8,82 / 28,30	15	9.400	E-O	2,50	2,45	0,4
5	C/Cervantes 102	12,48 / 6,85	20	7.740	E-O/N-S	3,35	3,90	2,55 / 2,2
6	C/Giralt i Serra 30	11,9	15	2.120	N-S	3,00	2,50	1,8
7	C/Joan Abelló i Buñi 4	10,75	20	2.120	E-O	3,00	0,18	2,4+1,8
8	C/Marquès de Comillas 2	8,2	20	4.000	N-S	2,50	4,40	0,9+2,2
9	C/ Torrent d'en Pere Parres 8	5,25	12	-	-	2,80	-	12
10	Pati interior de l'escola El Vapor	-	-	-	-	2,50	-	-
11	Pg. Vint-i-dos de Juliol (davant de l'Esclat)	7,90 / 42,25	20	8.300	E-O	3,00	15,00	0,5
12	Punt de Mesurament XVPCA	50,75	15	15.200	N-S	3,40	-	5 / 7,10
13	Punt de Mesurament XVPCA	50,75	15	15.200	N-S	3,40	-	5 / 7,10

* Intensitat mitjana diària de vehicles (IMD), dades proporcionades pel Servei de Mobilitat de l'Ajuntament de Terrassa.

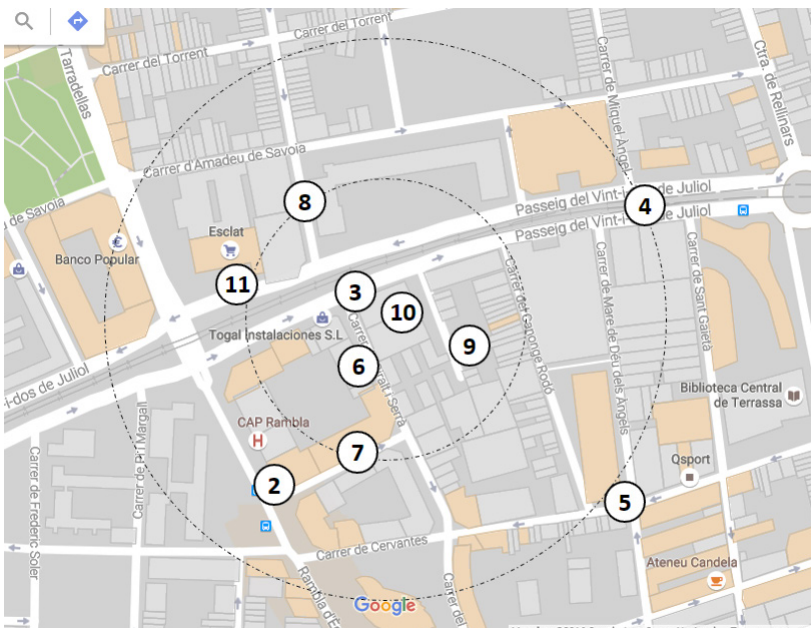


Figura 4: Localització dels tubs de difusió al voltant de l'escola El Vapor.
Els cercles mostren distàncies a l'escola de 200 i 400 m.

El temps mínim d'exposició recomanat és de 15 dies. En aquest estudi ha estat de 19 dies i s'ha escollit no deixar-ho més temps per evitar el risc de perdre els tubs per vandalisme.

La mesura de contaminants atmosfèrics amb tubs de difusió es considera com un mètode que no és de referència sinó complementari. Per tal de comparar la mesura de l'NO₂ pel mètode dels tubs de difusió i pel mètode de referència, s'ha instal·lat dos tubs, a més del tub de control, a l'estructura de l'estació de mesurament de la Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA), que té el Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya a Terrassa, a la Rambleta del Pare Alegre. Aquest disposa d'un equip de mesurament en continu de NO₂.

Els resultats van ser rebuts per correu electrònic, passades 3 setmanes de l'enviament dels tubs per missatgeria.

5.3 Reunions prèvies a l'escola

El dia 14 d'octubre, abans de començar a instal·lar els tubs, es va passar per les dues classes de 6è, per explicar el projecte i mostrar els tubs. Es va parlar de la contaminació i de la tècnica de mesurament, i es van contestar les preguntes de l'alumnat. Un cop tancat l'estudi es passarà també per aquestes dues aules per presentar els resultats.

5.4 Ubicació dels tubs

L'àrea immediata al voltant de la ubicació dels tubs ha de ser oberta, que permeti la lliure circulació d'aire al voltant del tub. Idealment, els tubs haurien de ser col·locats a l'alçada de les persones, per mesurar l'aire que respiren, però per tal de reduir el robatori o vandalisme dels tubs, es recomana que els tubs es col·loquin a una alçada d'entre 2 i 4 m. Les concentracions de l' NO_2 típicament disminueixen amb l'altura sobre el nivell del carrer, de manera que els tubs col·locats alguns metres sobre el nivell del carrer poden subestimar les concentracions reals a què estan exposats les persones. Es recomana que tots els tubs, dins d'una mateixa campanya de vigilància de la contaminació, estiguin col·locats a altures similars. La figura 5 mostra la manera correcta de col·locar els tubs.

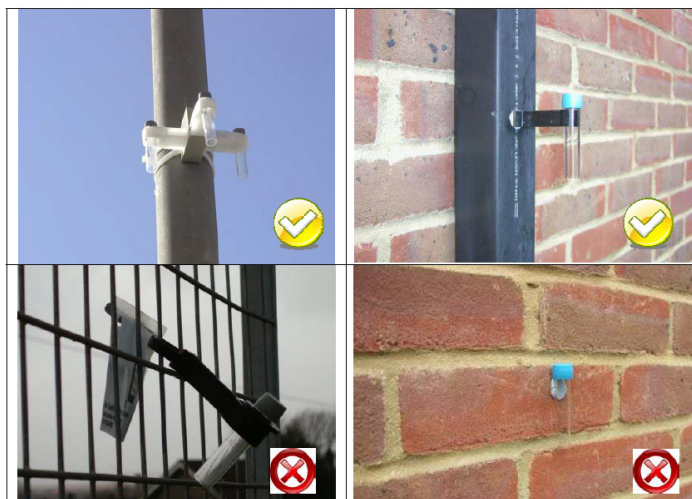


Figura 5: Exemples d'instal·lació correcta i incorrecta dels tubs de difusió.
Font: [AEA Energy & Environment]

Les figures 6 a 16 mostren fotografies de les ubicacions dels tubs de l'estudi.



Figura 6: Ubicació del tub de control (punt 1) i els 2 tubs de mesurament a l'estació de la XVP-CA a la Rambleta del Pare Alegre (punts 12 i 13).



Figura 7: Ubicació del tub (punt 2), Rambla d'Ègara 372.



Figura 8: Ubicació del tub (punt 3), passeig del Vint-i-dos de Juliol 186.

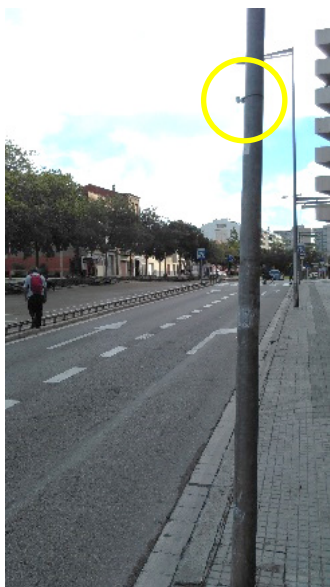


Figura 9: Ubicació del tub (punt 4), passeig del Vint-i-dos de Juliol 240.



Figura 10: Ubicació del tub (punt 5), carrer de Cervantes 102.



Figura 11: Ubicació del tub (punt 6), carrer de Giralt i Serrà 30.



Figura 12: Ubicació del tub (punt 7), carrer de Joan Abelló i Bufí 4.



Figura 13: Ubicació del tub (punt 8), carrer del Marquès de Comillas 2.



Figura 14: Ubicació del tub (punt 9), carrer del Torrent d'en Pere Parres 8.



Figura 15: Ubicació del tub (punt 10), pati interior de l'escola El Vapor.



Figura 16: Ubicació del tub (punt 11), passeig del Vint-i-dos de Juliol, davant de l'Esclat.

6. RESULTATS

En aquest apartat s'exposen i es fa una interpretació dels resultats obtinguts.

6.1 Verificació de les dades amb l'estació de la XVPCA

Abans de presentar les dades de l'estudi, el mètode utilitzat s'ha verificat amb les dades obtingudes pel mètode referència, a l'estació de la XVPCA de la Rambleta del Pare Alegre. Aquests són les valors obtinguts:

- Valor mitjà pel mètode de referència (estació de la XVPCA): 46,9 µg/m³
- Valors mitjà dels 2 tubs de difusió instal·lats a l'estació: 48,3 µg/m³

Els valors obtinguts amb els tubs de difusió són només 3% superiors als valors obtinguts pel mètode de referència. Aquest resultat permet afirmar que existeix una molt bona correlació en el mesurament de l'NO₂ amb els tubs de difusió respecte del mètode de referència.

Aquesta correlació es força típica pels tubs de difusió, on generalment tenen una tendència a sobreestimar els resultats. Cal tenir en compte que les dades de la XVPCA són en condicions estàndard de temperatura i pressió, mentre que les dels tubs de difusió són ambientals, i per això, la correlació pot ser diferent en condicions ambientals diferents, com ara la influència de la temperatura i la humitat en l'absorció de l'NO₂.

Per a futures campanyes, seria necessari instal·lar tubs a 3 o 4 estacions de la XVPCA, de ciutat properes a Terrassa, per poder obtenir una equació de regressió que permeti corregir amb precisió suficient els valors obtinguts amb els tubs de difusió.

El tub de control

El tub de control (o de blanc) va donar el valor de 0,44 µg/m³, per sota de l'1% del valor mitjà dels tubs de difusió que estaven al seu costat. Aquest valor es considera normal, i no s'ha restat aquest valor dels resultats obtingut, seguint les recomanacions de l'AEA [AEA Energy & Environment].

6.2 Valors obtinguts

La taula 2 mostra els valors de concentració de NO₂ obtinguts en l'estudi.

Taula 2: Resultats obtinguts amb els tubs de difusió.

Punt	Ubicació	Hora col·locació (14/10/16)	Hora de recollida (02/11/16)	Concentració de NO ₂ de l'estudi (µg/m ³)
1	Punt Mesurament XVQAC (Tub de control)	12:42	15:00	0,44
2	Rambla d'Ègara 372	10:50	14:00	49,0
3	Pg. Vint-i-dos de Juliol 186	10:20	13:35	47,3
4	Pg. Vint-i-dos de Juliol 240	11:20	14:13	62,3
5	C/Cervantes 102	11:10	14:07	39,1
6	C/Giralt i Serrà 30	10:30	13:45	36,6
7	C/Joan Abelló i Bufí 4	10:40	13:55	41,1
8	C/Marquès de Comillas 2	11:30	14:20	33,9
9	C/ Torrent d'en Pere Parres 8	12:00	13:25	22,8
10	Pati interior de l'escola El Vapor	10:10	13:15	20,9
11	Pg. Vint-i-dos de Juliol (davant de l'Esclat)	11:45	14:25	45,0
12	Punt Mesurament XVQAC	12:40	15:01	48,5
13	Punt Mesurament XVQAC	12:38	15:02	48,0

Els resultats presentats a la taula 2 també estan il·lustrats en un gràfic de barres (figura 17) i, a la figura 18, es presenta els nivells de contaminació amb tres colors sobre el plànol amb la localització dels 10 punts.

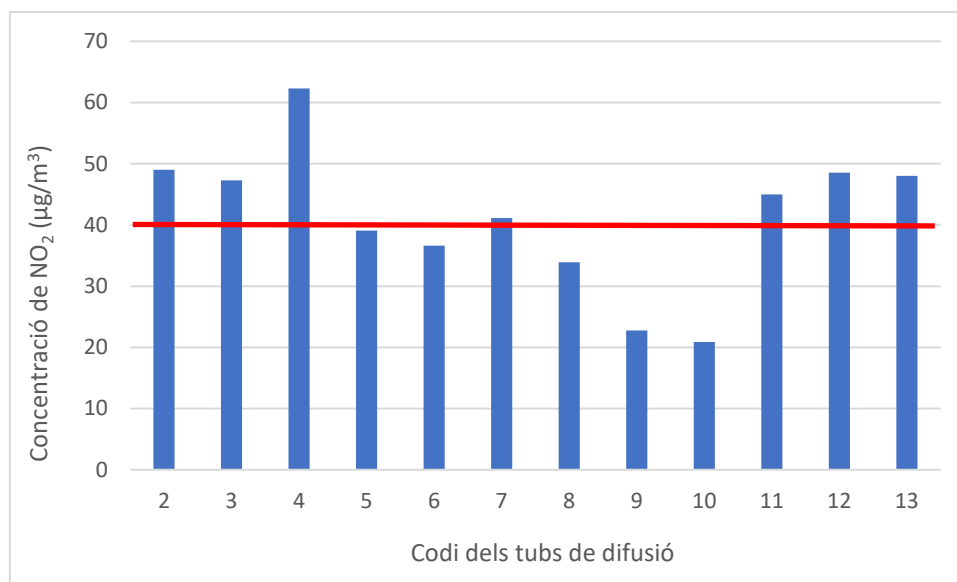


Figura 17: Concentracions de NO₂ dels tubs de difusió de l'estudi.

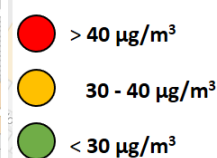


Figura 18: Localització dels tubs de difusió al voltant de l'escola amb els valors obtinguts.

Els valors de contaminació de fons de l'NO₂ s'han mesurat en dos punts allunyats del trànsit motoritzat. S'ha escollit el pati interior de l'escola El Vapor (punt 10) i un terreny sense construir en el carrer Torrent d'en Pere Parres (punt 9), on hi ha un hort que fa servir l'AMPA de l'escola. Els valors obtinguts han estat els següents:

- Punt 9: 22,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Punt 10: 20,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Aquest valors de contaminació de fons es troben lleugerament per sobre de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, i coincideixen amb els valors de contaminació de fons que s'han a trobat en altres estudis, als centres urbans en carrers allunyats del trànsit principal [Girona], [Palma]. Per tenir una altra referència, s'ha buscat els valors mínims de contaminació per NO_2 obtinguts en els punts de mesurament de la XVPCA a l'àrea metropolitana des del 2011, els valors dels quals es troben al voltant de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [Gencat, 2015]. Aquesta contaminació és la contaminació permanent que hi ha sempre a la ciutat, i que pot provenir de fonts d'emissió de fora de la ciutat.

Dels 8 punts analitzats en carrers al voltant de l'escola, 4 punts mostren resultats compresos entre els 30 i els 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Aquest punts són:

- Punt 5: C/Cervantes 102, 39,1 µg/m³
- Punt 6: C/Giralt i Serrà 30, 36,6 µg/m³
- Punt 7: C/Joan Abelló i Bufí 4, 41,1 µg/m³
- Punt 8: C/Marquès de Comillas 2, 33,9 µg/m³

Aquest punts es troben en carrers amb un trànsit de vehicles moderat, superior a 2.000 vehicles a motor per dia, però menor de 8.000. Es troben molt a prop del límit anual d'NO₂ considerat com a llindar per a la salut de les persones. Es pot explicar algunes variacions en els resultats respecte de la IMD de cada carrer. El punt 5 es troba en un carrer amb la IMD més gran dels 4 punts, 7.740 vehicles per dia, però com que fa baixada, els motors emeten menys NO₂. El punt 7, en canvi, té un trànsit menor, 2.120 vehicles, però fa pujada, el carrer acaba en forma de T, i per tant, podria haver-hi menys circulació d'aire, i es troba a prop d'un carrer molt transitat, la Rambla d'Ègara, amb una IMD de 22.120 vehicles/dia. Precisament, el punt 7 supera lleugerament el límit dels 40 µg/m³.

Els altres 4 punts restants superen el límit anual d'NO₂ considerat com a llindar per a la salut de les persones. Com era d'esperar, són els punts on hi ha més trànsit de vehicles per ser vies principals de circulació: La Rambla d'Ègara (22.120 vehicles/dia) i el passeig Vint-i-dos de Juliol (9.400 vehicles/dia). Aquest punts són:

- Punt 2: Rambla d'Ègara 372, 49,0 µg/m³
- Punt 3: Pg. Vint-i-dos de Juliol 186, 47,3 µg/m³
- Punt 4: Pg. Vint-i-dos de Juliol 240, 62,3 µg/m³
- Punt 11: Pg. Vint-i-dos de Juliol (davant l'Esclat), 45,0 µg/m³

El punt 4 presenta un valor molt superior a la resta de punts i supera en un 55% el límit anual de 40 µg/m³. Una explicació podria ser per les retencions habituals que es donen en aquest tram del passeig Vint-i-dos de Juliol.

En aquest estudi, s'ha determinat la mitjana de contaminació per NO₂ en un període de 19 dies. Per tenir valors, amb aquest metodologia, que ens permetés fer una aproximació a una mitjana anual, seria necessari fer 3 altres mesuraments de períodes semblants repartits al llarg de l'any. De totes maneres, tot fa pensar que els resultats obtinguts al llarg de l'any seguirien estant per sobre del límit anual de 40 µg/m³, i per tant, s'estaria incomplint els objectius i s'estaria patint els efectes sobre la salut per exposició anual.

6.3 Relació entre el volum de trànsit de la contaminació per NO₂

Que la causa principal de la contaminació per NO₂ és principalment el trànsit de cotxes, motos i vehicles de combustió, es pot veure clarament en la figura 19. Es posen en la mateixa gràfica els valors mesurats de NO₂ i el volum de vehicles que passen pel punt de mesurament automàtic a la Rambleta del Pare Alegre. Es pot veure clarament com els pics de les concentracions de NO₂ coincideixen amb els pics de la intensitat de vehicles a motor, els moments del dia amb major nombre de vehicles circulant.

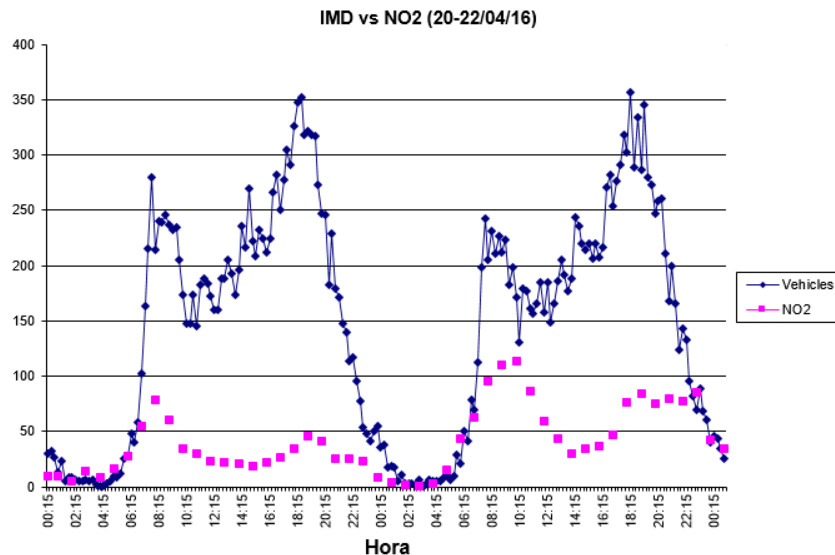


Figura 19: Relació entre el volum de trànsit (IMD vehicles) i la concentració de NO₂ a l'estació de la XVPCA a la Rambleta del Pare Alegre de 20 a 22 d'abril de 2016. Font: Elaboració pròpia amb dades de l'Ajuntament.

En el nostre estudi, també es pot apreciar aquesta relació, tal com mostra la figura 20, tot i que cal tenir en compte que caldria obtenir més punts de mesurament per tenir valors més representatius.

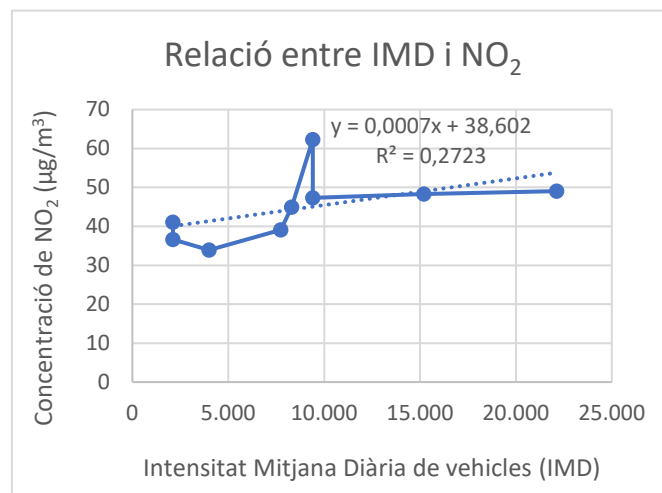


Figura 20: Relació entre el volum de trànsit (IMD vehicles) i la concentració de NO₂ en els punts de mesurament de l'estudi.

7. CONCLUSIONS

Donat que aquest estudi no ha pretès ser un estudi científic, sinó un pas previ per determinar la idoneïtat de la metodologia dels tubs passius de difusió de NO₂ del tipus Palmes, no s'ha pogut aprofundir en la interpretació dels valors de NO₂ obtinguts.

7.1 Sobre els valors de NO₂ obtinguts

- El 50% dels 10 punts de mesurament de l'NO₂ al voltant de l'escola recullen valors per sobre del límit normatiu de protecció de la salut humana de 40 µg/m³ d'NO₂ de la legislació vigent.
- Es veu una relació clara entre els valors obtinguts d'NO₂ i la intensitat de vehicles que passen pel carrer. A més trànsit de vehicles i a més proximitat dels carrers més transitats, major concentració de NO₂. Aquesta constatació, encara que previsible, confirma que l'origen principal d'aquest contaminant prové dels gasos de combustió dels vehicles motoritzats.
- Aconseguir rebaixar els nivells de NO₂ per sota de 40 µg/m³ al llarg de l'any, només és possible amb canvis estructurals que provoquin un canvi important en els hàbits de mobilitat. Les mesures necessàries passen per crear un nou model de ciutat amb més espais per a les persones, per a les bicicletes i per al transport públic, implantar mesures de restricció de l'ús dels cotxes i motos més contaminants, fent servir l'etiquetatge de la DGT, i mesures incentivadores per als vehicles de combustió més eficients i els elèctrics.

7.2 Sobre la metodologia dels tubs de difusió passiva

- La posta en pràctica de la metodologia de tubs de difusió s'ha fet sense problemes, de manera ràpida i cap dels tubs ha patit incidències o presentat valors anormals.
- El cost econòmic d'aquesta tècnica fa que sigui molt atractiu per als ajuntaments i, fins i tot, per entitats privades (associacions de veïns, AMPAs,...) que vulguin conèixer l'estat de la contaminació d'un entorn, i poder fer comparatives, per exemple, abans i després d'un canvi urbanístic amb afectacions al trànsit.
- Aquesta metodologia permet dur a terme activitats educatives a les aules per apropar l'anàlisi experimental i sensibilitzar sobre el problema de la contaminació de l'aire.

8. REFERÈNCIES

- [AEA Energy & Environment] Diffusion Tubes for Ambient NO₂ Monitoring: Practical Guidance, 2008, AEA Energy & Environment.
- [AMB, 2017] Canviar d'hàbits és tan necessari com l'aire que respirem, Coneix el NO₂, www.canvidhabits.com.
- [Anuari Terrassa, 2016] Anuari estadístic de Terrassa 2016, <http://www2.terrassa.cat/laciutat/xifres/A2016/index.php>
- [Diputació de Barcelona] Qualitat de l'aire, <https://www.diba.cat/web/mediambient/coat>
- [Ecologistas en Acción] La calidad del aire en el Estado español, Balance de 2007, Ecologistas en Acción, 2007.
- [Gencat, 2017] Dades de les estacions automàtiques de la Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA) <http://dtes.gencat.cat/icqa/>
- [Girona] Avaluació de la qualitat de l'aire a la ciutat de Girona, Ajuntament de Girona, 2011.
- [Palma] Estudi dels nivells de NO₂ a la ciutat de Palma mitjançant captadors passius, Conselleria de Medi Ambient, Govern de les Illes Balears, 2008.
- [PMQA, Ajuntament de Terrassa] Pla de Millora de la Qualitat de l'Aire (PMQA), Ajuntament de Terrassa.

9. ANNEXES

- Full de control dels tubs amb els resultats del laboratori. Empresa: 4sfera Innova.



NO2

Period:

1

Tube Code	ID Code	Location Name	Exposure dates		Hour	Comments	μgm^{-3}
			Deployment	Collection			
1	782171	Punt Mesurament XVCPA	14/10/2016	02/11/2016	458,3		0,44
2	782172	Rambla Ègara nº372	14/10/2016	02/11/2016	459,167		49,03
3	782169	Psg. 22 de Juliol nº186	14/10/2016	02/11/2016	459,25		47,28
4	782165	Psg. 22 de Juliol nº240	14/10/2016	02/11/2016	458,883		62,32
5	782167	Cervantes nº102	14/10/2016	02/11/2016	458,95		39,06
6	782170	Giralt Serra nº30	14/10/2016	02/11/2016	459,25		36,64
7	782168	Joan Abelló i Bufí nº4	14/10/2016	02/11/2016	459,25		41,10
8	782166	Marquès de Comillas nº2	14/10/2016	02/11/2016	458,833		33,91
9	782164	Hort Torrent Pere Parres	14/10/2016	02/11/2016	457,417		22,78
10	782174	Escola Vapor	14/10/2016	02/11/2016	459,083		20,87
11	782163	Psg. 22 de Juliol (Esclat)	14/10/2016	02/11/2016	458,667		44,96
12	782162	Punt Mesurament XVCPA	14/10/2016	02/11/2016	458,35		48,53
13	782173	Punt Mesurament XVCPA	14/10/2016	02/11/2016	458,4		48,02