

CYC

"Sigues el canvi que desitjaries veure al món."

Mahatma Gandhi



ALTERNATIVA PER LA
MESURA DE PARTÍCULES
DE L'AIRE

ÍNDIX

1	RESUM.....	1
2	DESENVOLUPAMENT DEL PROJECTE.....	2
2.1	Què son les partícules?	2
2.2	Quins efectes en la salut?.....	2
2.3	Com es mesura la qualitat de l'aire?	3
2.4	Alternativa proposta	3
2.4.1	Dos ciclons.....	3
2.4.2	Microscopi òptic.....	4
2.4.3	Programació amb MATLAB	4
2.4.4	Muntatge definitiu	6
2.4.5	Disseny i dimensionat del sistema	7
3	IMPACTE AMBIENTAL.....	10
4	BENEFICIS SOCIALS.....	11
5	ESTUDI ECONÒMIC PER A L'APLICACIÓ DEL PROJECTE PRESENTAT	12
6	VIABILITAT DE L'APLICACIÓ	13

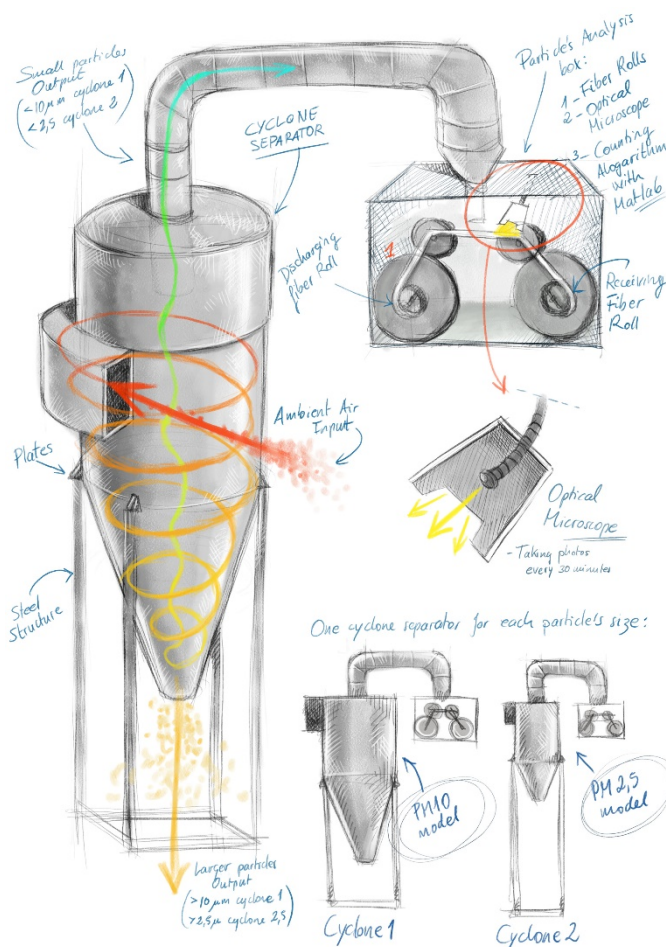
1 RESUM

La contaminació atmosfèrica ha esdevingut un problema de salut quasi comparable amb el tabac. És per això que un control intensiu de la qualitat de l'aire que respirem és essencial per a un planeta cada vegada més contaminat.

El projecte CYC sorgeix com una alternativa més econòmica i sostenible als sistemes actuals de mesura de les partícules en suspensió a l'aire, oferint la possibilitat a regions que disposen de menys recursos, i que actualment no es poden permetre les tecnologies existents de mesura, de conèixer la qualitat de l'aire que respiren.

Per duu a terme l'anàlisi de la qualitat de l'aire, CYC és diferència de les tecnologies existents per no utilitzar radiació de tipus beta (el qual és extremadament car i contaminant), utilitzant com alternativa un sistema de separació de partícules combinat amb un sistema d'anàlisi compost per un microscopi que fotografia periòdicament les mostres que queden enganxades sobre un paper d'alumini que rota sobre un rodet automatitzat per moure el sistema periòdicament. Finalment, s'analitzen les fotografies mitjançant el software desenvolupat, que una vegada finalitza els càlculs emetrà el resultat de la qualitat de l'aire.

Finalment, comentar que l'eficiència resultant de les simulacions dutes a terme amb els equips de la universitat son d'un 85%, envers l'efectivitat del 99% resultant dels mètodes actuals d'anàlisi. Tot i que l'efectivitat és inferior, aquesta diferència es veu totalment compensada ja que el mètode proposat presenta avantatges molt considerables en matèria d'economia i sostenibilitat.



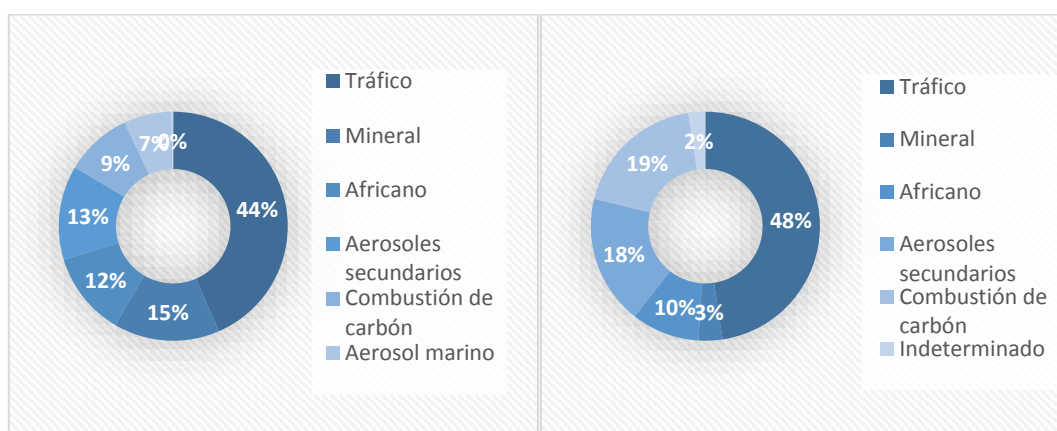
2 DESENVOLUPAMENT DEL PROJECTE

2.1 Què son les partícules?

En aquest projecte es tractaran les partícules en l'aire o aerosols, també dites material particulat (del anglès Particulate Matter o PM). La forma més usual de classificar-les es segons la seva mida.

Les partícules toràciques (PM_{10}) són les partícules amb un diàmetre entre 10 i 2,5 micròmetres. Aquesta fracció sol estar composta per pols, pol·len i materials pesats procedents del sòl en forma de silicats i aluminicats.

Les partícules respirables ($PM_{2,5}$) són les partícules amb un diàmetre entre 2,5 i 1 micròmetre. Aquesta fracció sol està formada per carboni orgànic, carboni elemental, components orgànics i hidrocarburs.



2.2 Quins efectes en la salut?

L'existència de partícules a l'aire significa que aquestes seran respirades per qualsevol que es trobi pròxim. Les partícules superiors a 10 micròmetres no suposen un greu problema per la salut ja que son eliminades per les mucoses nasals i per la gola.

Les partícules PM_{10} aconseguiran superar les barreres nasals i guturals. Un cop aquestes son respirades, quedaran depositades a la tràquea i, com a molt, a la regió bronquial. Això es traduirà en tos, dificultat per respirar e inclús asma.

Encara més perilloses son les $PM_{2,5}$, ja que aquestes poden viatjar a través de les vies respiratòries més petites i arribar fins a la regió alveolar. Al ser partícules tan petites, son atrapades per cèl·lules pulmonars, quedant-se a l'interior del pulmó sense poder ser expulsades, arribant a provocar malalties pulmonars, emfisemes o càncers pulmonars.

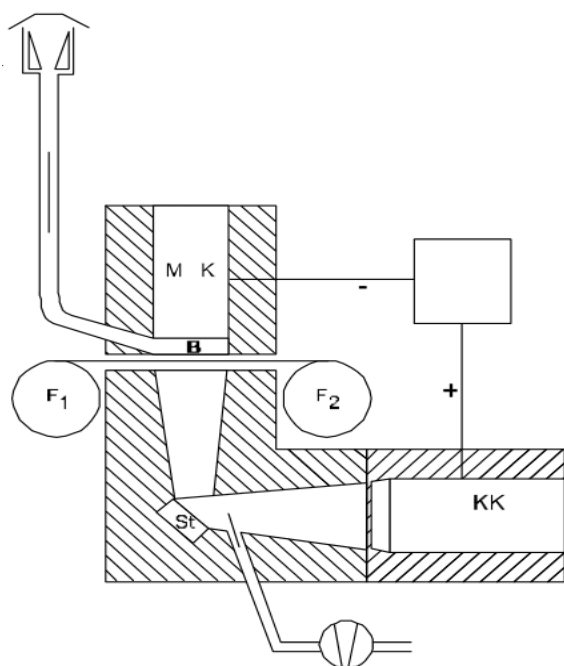


2.3 Com es mesura la qualitat de l'aire?

A l'hora de mesurar contaminants s'han de tenir en compte dos conceptes: emissió i immissió. La mesura de contaminants en emissió es realitza just a la font de sortida, en canvi la mesura de contaminants en immissió és la mesura d'aquests a nivell de sòl. En aquest projecte ens centrem amb la mesura de contaminants a nivell respirable, de sòl.

Trobem dos subgrups molt importants. Mètodes discontinus i mètodes continus. Els mètodes discontinus es basen en una captació de la mostra i després transportada aquesta a un laboratori per obtenir els resultats. En canvi, els mètodes continus analitzen els resultats *in situ*, podent saber els valors de contaminació en cada moment. És obvi que el mètode continu es molt més útil, ja que el mètode discontinu ens donarà un valor mig, en el qual no podríem apreciar pics ni variacions en un rang de temps específic. Per contra, una mesura continua requereix d'una inversió molt superior.

Per entendre perquè es necessària una alternativa, es farà una breu explicació del sistema continu de referència utilitzat actualment. El conegut mètode per atenuació de radiació beta.



El funcionament d'aquest mètode es basa en la utilització d'una bomba d'absorció per aspirar l'aire a través de l'equip, depositant les partícules en un filtre. A continuació s'aplica sobre aquest filtre radiació beta de baix nivell, fent que les partícules que hi ha al filtre absorbeixin la radiació. Mitjançant una equació empírica es pot determinar la massa total de partícules.

- MK = Cámara de mesura
- KK = Cámara de compensació
- St = Font de radiació
- F₁ - F₂ = Rodets dels filtres

2.4 Alternativa proposta

2.4.1 Dos ciclons

Al tenir la necessitat de que una mateixa estació calculi tant partícules toràciques com partícules fines, s'utilitzarà un sistema de ciclons per separar les partícules segons la seva mida. D'aquesta manera l'aire serà absorbit al sistema, y al passar pel primer cicló, aquest separarà les partícules superiors a 10 micròmetres de les que tinguin un diàmetre inferior. Aquest cicló ens servirà per mesurar les PM₁₀. L'altre cicló, dissenyat per separar partícules inferiors a 2,5 micròmetres ens servirà per mesurar les PM_{2,5}. El disseny dels dos ciclons ha seguit la metodologia recomanada per Perry, R. & Chilton, C. 1986. *Manual del Ingeniero Químico. vol. 5, McGraw-Hill. México, D. F.*

2.4.2 Microscopi òptic

Un cop separades les partícules per mida, s'ha d'obtenir la concentració de partícules que s'ha quedat al primer cicló i al segon cicló. S'utilitzarà un sistema de recompte de partícules, així doncs, necessitarem una eina que ens ajuda a poder veure les partícules amb una suficient precisió. Sabíem que un microscopi òptic té un rang d'augment de fins 500x aproximadament, però per comprovar que realment era suficient per veure les partícules, es van fer diferents proves amb un microscopi òptic de la ETSEIB. Es van utilitzar mostres de serradures, podent-les observar sense cap tipus de problema amb solament 5 augments.

Per observar les PM_{10} i les $PM_{2,5}$ utilitzarem un microscopi amb 200 augments, ja que serà suficient per apreciar les partícules sobre un fons homogeni. Si volguéssim apreciar amb detall les partícules, 200 augments seria insuficient, però com la funció es contar quantes n'hi ha, la seva utilització és vàlida.

S'ha triat com a candidat un Microscopi USB PCE-MM 200 de l'empresa internacional PCE Instruments. Aquest microscopi òptic ha estat elegit degut a les seves petites dimensions (110 x 33 mm) ja que es necessita que càpiga dintre del cicló i també als seus 200 augments.

2.4.3 Programació amb MATLAB

Un cop llest el muntatge dels microscopis dins dels ciclons, un programa dissenyat específicament per aquest projecte s'encarregarà de contar les partícules que impacten tant en la fase de les PM_{10} com en la fase de les $PM_{2,5}$.

L'ordre d'accions que s'aniran executant es el següent, suposant un temps entre anàlisis de 30 minuts.

1. S'obre el programa i apareix la finestra Inicio. Aquí s'ha de seleccionar quin microscopi treballarà amb l'etapa de les PM_{10} i quin amb les $PM_{2,5}$. També es pot seleccionar la resolució de la imatge.
2. Apareixerà en pantalla la interfície del programa. Quan fem clic al botó START el sistema començarà a funcionar. L'aire entrarà pel cicló i les partícules es separaran per mides.
3. Un cop han passat 30 minuts, els rodets situats a la zona del microscopi, on impacten les partícules giraran, enviant a la zona del microscopi totes les partícules recollides i deixant la zona de impacte neta.
4. En quant la zona de les partícules es troba a l'abast del microscopi, aquest llença automàticament deu fotografies a la cinta mentre aquesta va avançant, recol·lectant així diferents mostres per obtenir una mitja d'aquests 30 minuts.
5. Automàticament, mitjançant un complex algoritme, el programa calcula el total de partícules que apareix a cada foto i fa una mitjana de les deu, per obtenir així un valor estadístic acceptable. Un cop fet un anàlisis de les imatges, es

selecciona el conjunt de píxels junts superiors a un cert diàmetre, i elimina els sobrants, evitant contar elements indesitjables.

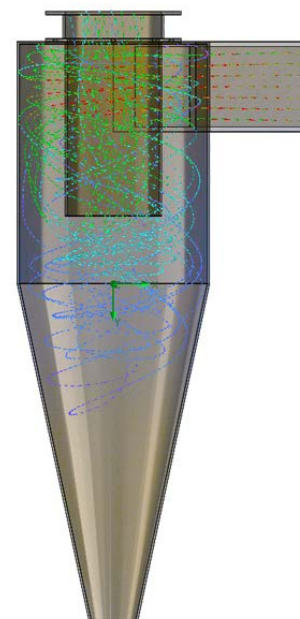
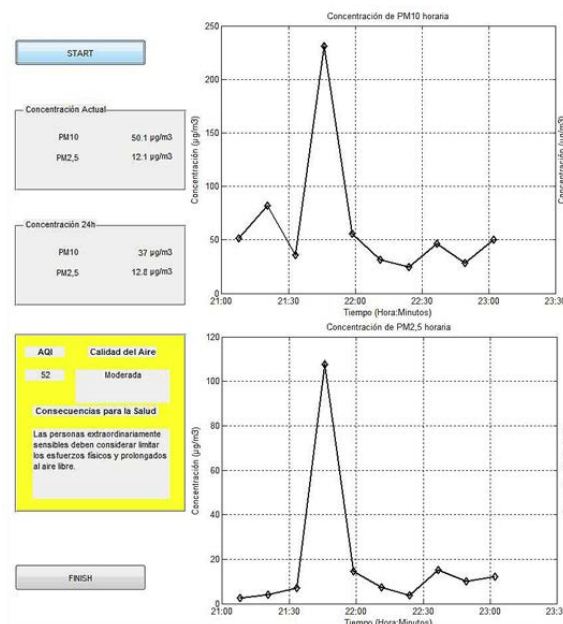
- A partir del nombre total de partícules recol·lectades durant mitja hora i el caudal d'aire (controlat pel cabalímetre) el programa calcularà automàticament la concertació de partícules en l'aire 'aquesta mitja hora utilitzant la següent equació:

$$C_{PM} = \frac{NP \cdot V \cdot \rho_p}{Q \cdot t} \quad \text{(Ecuación 2.1)}$$

Sent:

C_{PM}	=	Concentració de partícules	ρ_p	=	Densitat de las partícules
NP	=	Número de partícules	t	=	Temps (h)
V	=	Volum de las partícules	Q	=	Cabal d'aspiració (m ³ /h)

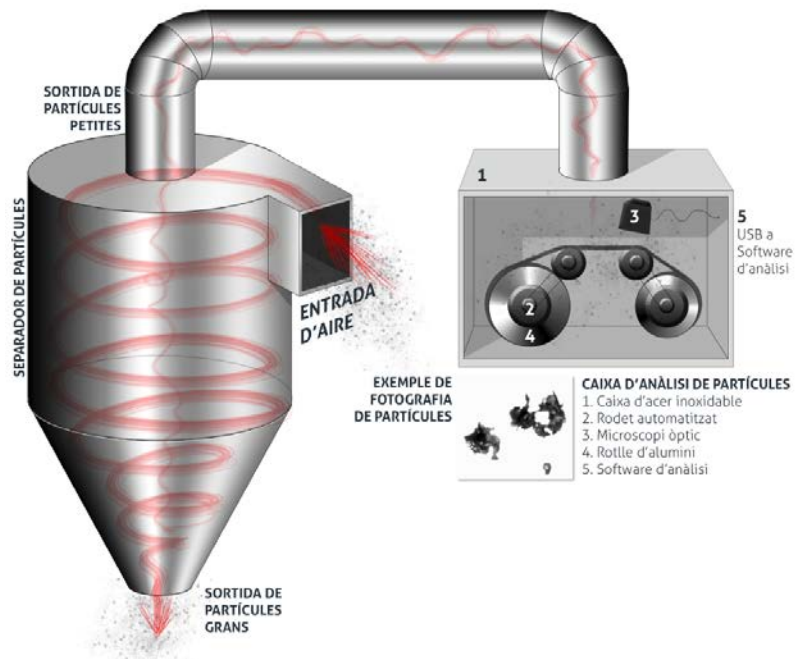
- Al valor pres cada mitja hora se l'anomenarà valor actual i apareixerà en pantalla de dues formes diferents. En el quadre de Concentració Actual apareixerà l'ultima concentració calculada tant de PM10 com de PM2,5 i als gràfics de l'esquerra veurem l'evolució de les deu ultimes concentracions calculades (es a dir, si s'ha configurat cada mitja hora, veurem l'evolució de les últimes cinc hores).
- Aquest procés es repeteix cada mitja hora (o cada temps que l'usuari decideix triar a l'inici). Quan han passat 24 es fa una mitjana de tots els valor trobats i es marquen als dos gràfics de la part inferior, mostrant la concentració diària. A partir d'aquest punt es repetirà el procés constantment.
- El programa analitzarà les partícules de l'aire fins que l'usuari premi el botó FINISH. Un cop clicat, es parará tot el sistema de fotografia i anàlisis. Per tornar a començar, s'hauran de seguir un altre cop les instruccions des de l'inici.



2.4.4 Muntatge definitiu

Un cop estan clars tant els ciclons com el mètode d'anàlisi s'han d'afegir els diferents elements que faran funcionar l'equip sencer.

El principal es la bomba de buit, que serà l'encarregada d'absorbir l'aire que passa a través del cicló. S'utilitzarà una bomba rotativa de paletes RE9 de la companyia IFI (Instrumentos Físicos Ibérica, S.L.) que ens aportarà un cabal d'aproximadament 4m³/h.



Just al final del cicló ens trobarem amb el cabalímetre, que s'utilitzarà per mesurar el cabal d'aire que passa a través del cicló. Es farà servir un anemòmetre de tub de pitot PVM-620 de la companyia PCE Ibérica, S.L.

Seguidament del cabalímetre s'instal·laran dos manòmetres amb les seves respectives vàlvules de seguretat.

Paral·lelament als elements anteriors, una vàlvula bypass serà l'encarregada de aconseguir el cabal que necessita el sistema.

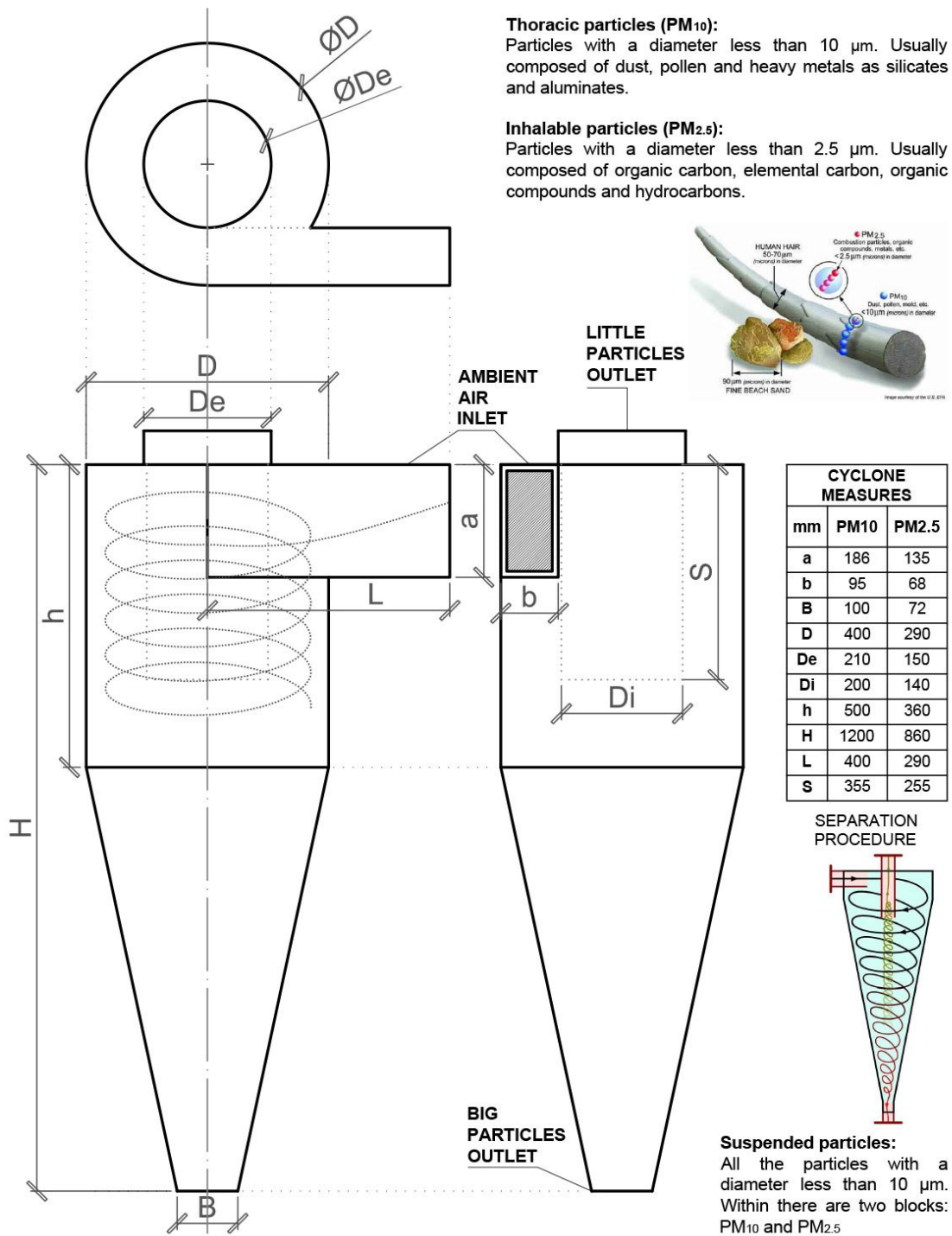
Les unions de les canonades son d'una polzada. Es per això que per unir tot el sistema s'utilitzaran canonades de goma per buit d'una polzada.

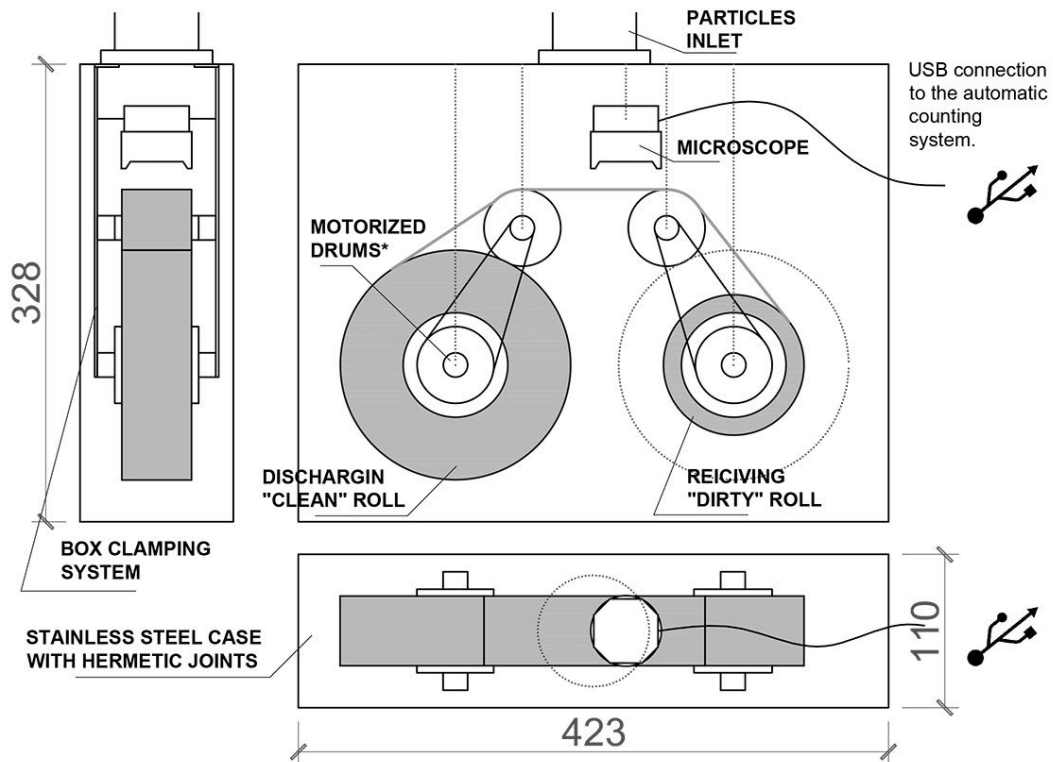
Tots aquest instruments estaran connectats a un equip informàtic, on es llegiran i executaran les diferents ordres.

Per acabar amb aquest apartat, passem a comentar els dos punts que no han estat executats per motius econòmics i que romandran en *stand by* fins que no trobem finançament per dur-los a terme:

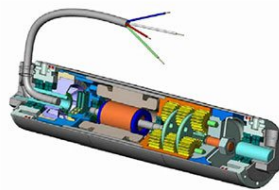
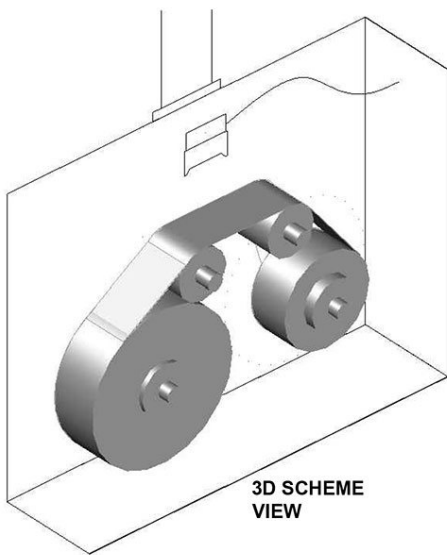
- Creació d'un prototip per poder fer proves reals amb ell. La base de tot aquest projecte s'ha executat a través de simulacions informàtiques (SolidWorks i Matlab).
- Verificació dels resultats en diferents punts i ubicacions amb el prototip.
- Comparativa dels resultats reals obtinguts amb el prototip, amb resultats dels sistemes d'anàlisi existents i exposats en aquest document.

2.4.5 Disseny i dimensionat del sistema

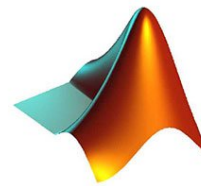




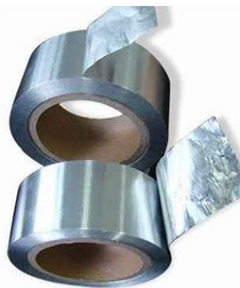
*Motorized drums rolls every X minutes (calibration by time and samples)



Motorized Drum Ø72
Motors 25W - 230v 50Hz
Fabricant SIREM or similar



Digital image processing with **Matlab**

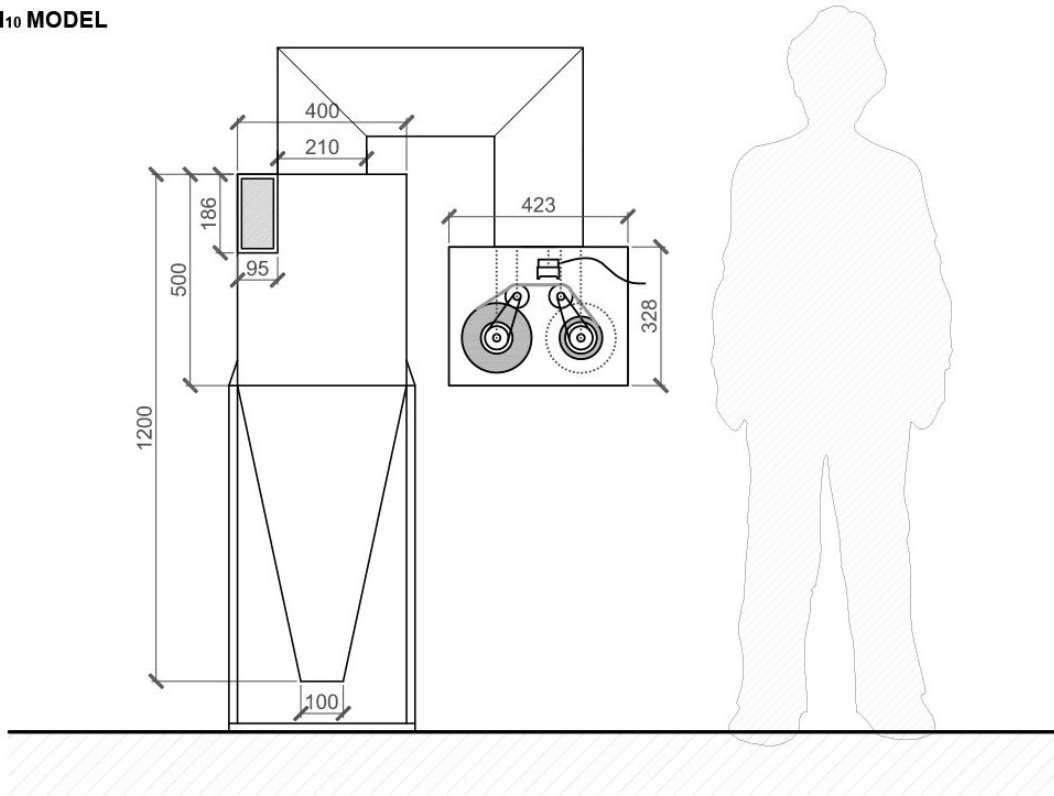


Aluminum Roll Foil Tape
with High Peel Adhesion.
Model T-F4004WL or similar

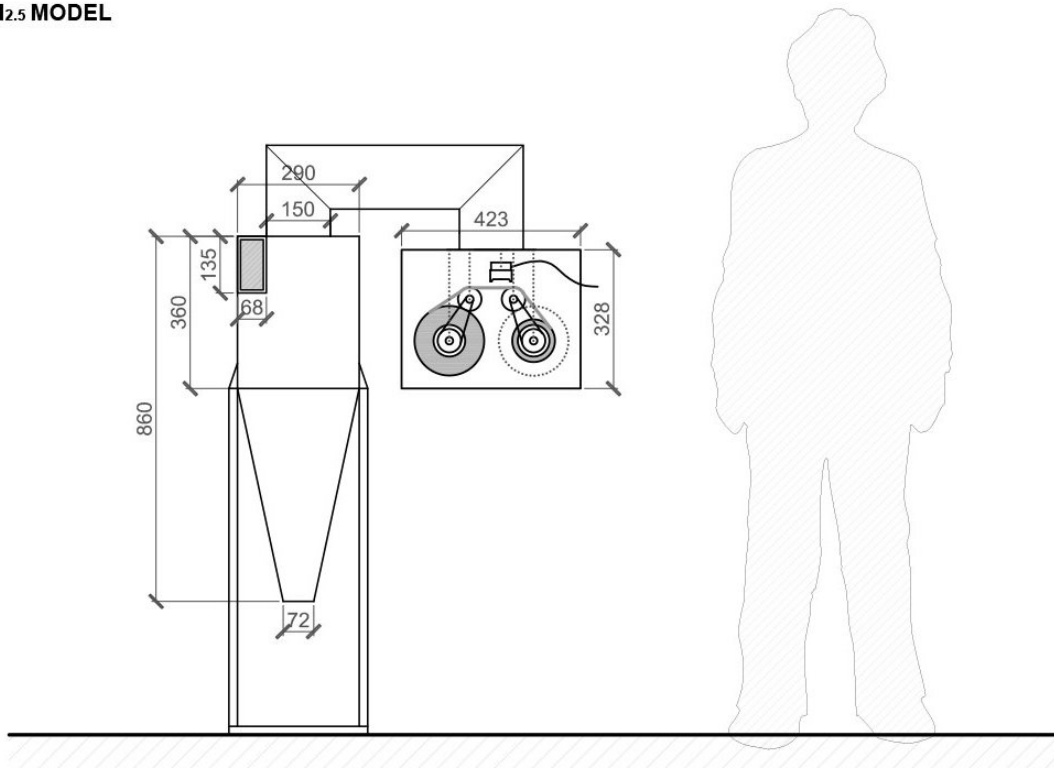


MAC-500 Mini 5MP
Handheld Portable Digital
Microscope

PM₁₀ MODEL



PM_{2.5} MODEL



3 IMPACTE AMBIENTAL

Actualment, els mètodes més utilitzats per l'anàlisi de la qualitat de l'aire (com per exemple el *MP101M Analyzer*, de la companyia francesa *Environnement S.A.*) utilitzen una tecnologia que funciona per atenuació de radiació beta procedent del carboni-14, el qual és un isòtop radioactiu amb residus de 5730 anys de mitja.

En canvi, tal i com hem explicat anteriorment, CYC funciona a base de l'anàlisi informàtic de les fotografies de les partícules adherides sobre paper d'alumini disposat sobre un rodet automatitzat que el rota periòdicament per tal d'acumular-hi partícules.

Per tant, l'impacte ambiental de la tecnologia proposada pel projecte CYC és mínim ja que els residus procedents del mateix es limiten únicament a la retirada i substitució del rotlle de paper d'alumini que s'haurà de renovar.

A més a més, s'haurà de comptar amb l'energia necessària per poder aspirar l'aire i conduir-lo a través dels ciclons, alimentar el microscopi per tal de fer les fotografies, la rotació del rodet per tal de moure el paper d'alumini i finalment, per l'equip necessari per al càlcul del software.

Finalment, comptem que s'haurà de fer el manteniment d'alguns elements del sistema, tals com l'aspirador d'aire dels ciclons, el microscopi o el rodet. No obstant, implantar un manteniment preventiu periòdic per revisar el sistema, així com un manteniment correctiu quan s'hagi de substituir algun element, tindrà un impacte ambiental baix ja que la vida útil d'aquests elements es preveu d'un mínim de cinc anys en el cas més restrictiu.

En conclusió, si comparem la metodologia actual d'anàlisi de partícules amb el sistema proposat, existeix una millora important en quant a matèria de sostenibilitat. Però si estudiem exclusivament CYC, s'ha tingut cura per l'impacte ambiental a l'hora de dissenyar-lo i dels materials que s'utilitzen, el seu desgast i/o reciclatge, així com la seva vida útil, pel que podem afirmar que és un sistema amb el mínim impacte ambiental necessari per al desenvolupament de la seva funció.

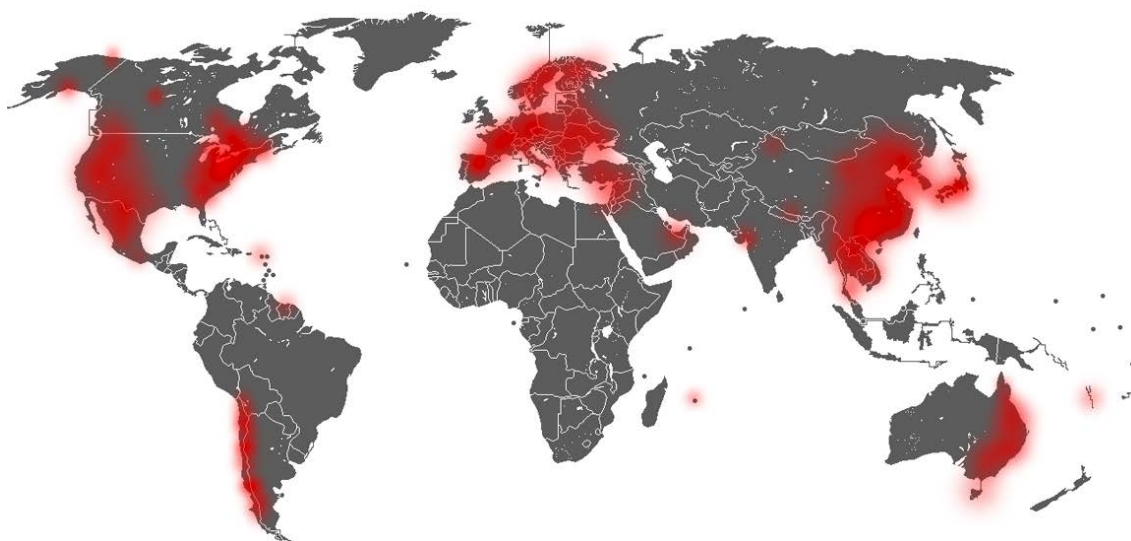
4 BENEFICIS SOCIALS

Els mètodes emprats en l'actualitat per l'anàlisi de la qualitat de l'aire, utilitzen un tipus de tecnologia, que a més a més de tenir un gran impacte sobre el medi ambient tal i com hem explicat en l'apartat anterior, son d'un cost molt elevat, tant pels recursos com pel manteniment. Aquest fet, fa que no totes les regions puguin afrontar el seu cost i emprar un sistema de mesura de qualitat de l'aire per tal de conèixer la contaminació de l'aire que respirem.

En canvi, el mètode proposat té un funcionament i requeriments molt més econòmics el que fa viable la seva implantació a totes les regions mundials independentment del seu poder adquisitiu, permetent per tant, a tota la població mundial conèixer la qualitat de l'aire que respiren, i conseqüentment, implantar les mesures necessàries per tal de combatre la contaminació.

Remarquem la importància de conèixer i ser conscients de la qualitat de l'aire que respirem, ja que és un primer pas necessari per tal de poder estudiar i analitzar les mesures necessàries per poder solucionar el problema de la contaminació en cada regió, atenent a les diferents necessitats resultants de l'anàlisi de l'aire. Per tant, tot i que l'anàlisi no sigui una fase d'actuació directa contra la contaminació, constitueix una fase necessària i obligatòria i hauria d'estar a l'abast de tothom.

Cal conscienciar la societat de la importància de la contaminació i el seu creixement progressiu, controlant la qualitat de l'aire que respirem a totes les regions habitables del planeta i no només a aquelles zones amb població massiva on el problema de la contaminació és evident. Per tant, cal plantejar un mètode d'anàlisi que esdevingui viable econòmicament per aquelles regions amb menys recursos, a la vegada que resulti econòmicament atractiu per tal de despertar interès i posar facilitats a aquelles regions que podrien implantar sistemes d'anàlisi de la qualitat de l'aire però no ho fan per desinterès amb la matèria de contaminació.



UBICACIÓ DE LES ESTACIONS D'ANÀLISI DE LES PARTÍCULES DE L'AIRE ACTUALS

5 ESTUDI ECONÒMIC PER A L'APLICACIÓ DEL PROJECTE PRESENTAT

A continuació presentem un desglossament dels elements necessaris per la producció material dels dos ciclons (per analitzar les diferents partícules PM₁₀ i PM₂):

Ítem	Quantitat	€unitat	€Total
Bomba de buit	2	379,14	758,28
Ciclons	2	108,00	216,00
Cabalímetre	2	99,00	198,00
Fibra de vidre	20	11,55	231,00
Cinta d'alumini	2	5,28	10,56
Derivació en T	2	1,00	2,00
Maniquet de PVC	10	0,32	3,20
Manòmetre	2	6,82	13,64
Microscopi òptic	2	68,58	137,16
Caixa d'alumini	2	50,20	100,40
Equipament informàtic	1	300,00	300,00
Rodet automatitzat	2	179,53	359,06
Tubs de goma (fins a 2 metres)	2	5,09	10,18
Vàlvula bypass	2	8,40	16,8
Vàlvula seguretat	4	11,00	44,00
Formació de personal	Pa	150,00	150,00
Muntatge i instal·lació dels components	Pa	200,00	200,00
Transport	Pa	50,00	50,00
TOTAL			2800,28

A més a més, presentem el consum elèctric necessari per posar en funcionament el sistema:

Ítem	Potència Nominal (kW)	Temps de funcionament (h)	Energia consumida (kWh)
Bomba de buit	0,37	24,00	8,88
Equipament informàtic	0,60	24,00	14,40
Il·luminació recinte manteniment	0,10	1,00	0,10
Climatització recinte manteniment	1,00	6,00	6,00
Altres	0,30	6,00	1,80
kWh diaris			31,18
kWh anuals			11380,70

De manera orientativa i per posar en comparativa els mètodes d'anàlisi existents i utilitzats en l'actualitat en front la proposta objecte d'aquest projecte, tot l'equip del model *MP101M Analyzer*, subministrat per l'empresa francesa *Environnement S.A.* té un cost econòmic de 99.980,00 €, sense incloure les taxes corresponents de cada regió.

6 VIABILITAT DE L'APLICACIÓ

Per tal de comprovar la viabilitat de l'aplicació del mètode d'anàlisi de la qualitat de l'aire proposat, s'ha comparat primer econòmicament amb els mètodes d'actual aplicació, resultant les següents conclusions:

- El cost material del sistema proposat representa un estalvi del 97% envers al sistema MP101M Analyzer prèviament esmentat.
- El cost anual (manteniment correctiu i preventiu, tractament de residus, energia necessària pel funcionament, etc.) del sistema proposat representa un estalvi estimat del 53,80% envers al sistema MP101M Analyzer.
- L'efectivitat dels resultats de l'anàlisi de la qualitat de l'aire del sistema proposat és d'un 14% inferior envers al sistema MP101M Analyzer.

Per tal d'analitzar la viabilitat econòmica de la implantació del projecte, s'ha realitzat un estudi a cinc anys vista.

Any	Inicial	1	2	3	4	5
Inversió inicial (€)	-2800,28					
Cost Anual (€)		9835,44	9933,80	10033,13	10133,47	10234,80
Estalvi (€)		11471,31	11586,02	11701,88	11818,90	11937,09
Cash flow (€)	-2800,28	1635,87	1652,23	1668,75	1685,44	1702,29
Cash flow Acumulado (€)	-2800,28	-1164,41	487,82	2156,57	3842,00	5544,29
					VAN	5.528,94€
					TIR	52%
					PR	1,52 anys

El cost anual mostra els costos d'operació anuals, incrementant cada any un 1% degut al augment del cost de vida. L'ingrés obtingut ve definit per la diferencia entre els costos d'operació i manteniment anuals entre el mètode de referència i la proposta alternativa. Al igual que el cost anual, aquest també pateix un augment del 1%.

Degut a que el tipus d'interès, fixat pel BCE, es de 0,05%; obtenim un VAN molt semblat al cash flow acumulat al final del cinquè any. Per últim, un TIR tan elevat i un període de retorn tan baix ens indiquen que és una molt bona inversió.