



**EPS**

Escola Politècnica  
Superior

## Projecte/Treball Fi de Carrera

**Estudi:** Gr. Eng. Mecànica

**Títol:** Estudi de l'efecte de la canalització d'aire en la propagació de flames sobre combustibles sòlids

**Document:** Memòria i Annexos

**Alumne:** Adrià Carmona Esparraguera

**Director/Tutor:** Toni Pujol Sagaró

**Departament:** Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

**Àrea:** Mecànica de Fluids

**Convocatòria** (mes/any): Juny 2013

**ÍNDEX**

MEMÒRIA.....	4
1. INTRODUCCIÓ.....	4
1.1. Antecedents .....	4
1.2. Objecte .....	6
1.3. Abast.....	6
2. PLANTEJAMENT DEL PROBLEMA.....	7
2.1. Introducció .....	7
2.2. Conceptes previs per a la combustió de sòlids .....	7
2.3. Cambra de combustió .....	10
2.4. Modificacions a la cambra de combustió.....	12
2.5. Proвета .....	14
3. METODOLOGIA.....	16
3.1. Introducció .....	16
3.2. Preparació de la proveta .....	16
3.3. Preparació de la cambra.....	16
3.4. Ignició i gravació.....	17
3.5. Neteja de la cambra .....	17
3.6. Fulls de seguiment i control .....	17
3.7. Experiments.....	18
4. RESULTATS EXPERIMENTALS.....	20
4.1. Introducció .....	20
4.2. Cas de referència.....	20

4.3. Canal semiobert .....	27
4.4. Canal tancat.....	30
5. CONCLUSIONS .....	33
6. COSTOS D'ESTUDI.....	35
7. RELACIÓ DE DOCUMENTS .....	36
8. BIBLIOGRAFIA .....	37
ANNEX A: DOCUMENTS DE SEGUIMENTS I CONTROL .....	39
A.1. Full de càlcul.....	39
A.2. Full de seguiment.....	40
ANNEX B: CÀLCULS.....	41
B.1. Criteri per a la classificació de combustibles sòlids en primos o gruixuts .....	41
B.2. Càlcul de la longitud de piròlisi ( $L_p$ ) i altres característiques geomètriques de la flama.....	44
B.3. Càlcul de l'error.....	45
B.3.1. Error en la regressió lineal de la velocitat d'avanç de la flama.....	45
B.4. Càlcul del volum de gasos consumit .....	46
B.5. Càlcul de l'increment mínim de velocitat i la variabilitat mínima.....	47
ANNEX C: APARELLS DE MESURA.....	49
C.1 Manòmetre .....	49
C.1.1 Transportador d'angles .....	49
C.1.2 Termoparell.....	50
C.1.3. Calibratge dels miralls per a la mesura de l'alçada de la flama .....	52
ANNEX D: ESPECIFICACIONS DELS SISTEMES .....	53
D.1. Gasos.....	53
D.1.1. Oxigen .....	53

D.1.2. Nitrogen .....	54
D.2. Bomba de buit.....	55
ANNEX E: DADES EXPERIMENTALS.....	56
E.1 Interpretació de les dades.....	56

## MEMÒRIA

### 1. INTRODUCCIÓ

#### 1.1. Antecedents

Al llarg de la història s'han dut a terme nombrosos estudis per tal d'entendre i modelitzar el comportament de la combustió, fenomen que es pot produir en un ventall molt ampli de situacions, però encara queden algunes incògnites per resoldre. La variabilitat en les condicions en què es pot produir la combustió té com a conseqüència una gran variació en el comportament de la reacció. Una primera classificació per distingir els estudis és segons si l'element combustible es troba en estat gasós, líquid o bé és un sòlid.

En el cas de la combustió de sòlids, un dels efectes que s'ha investigat en detall és l'anomenat efecte 'trench', que consisteix en un augment de la velocitat de propagació de les flames quan es canalitza el flux d'aire i el recorregut per on avança la flama. Tal com s'explicarà més endavant, els estudis fets fins al moment en aquesta direcció se centren en els casos en què la canalització de la flama és parcial, i no totalment tancada.

Un dels incidents que va activar els projectes d'estudi d'aquest efecte va ser l'incendi del metro de King's Cross, a Londres, l'any 1987. Les investigacions posteriors a l'accident descriuen com l'incendi es va iniciar en unes escales mecàniques de fusta i va propagar-se cap amunt a gran velocitat.

Aquest treball pren com a antecedents principals dos estudis de la combustió de sòlids:

En primer lloc, el projecte "*Study of upward flame spread on inclined surfaces*" (Yajue Wu et al., 1996), on s'estudia de manera independent els factors que es consideren més importants per a l'aparició de l'efecte 'trench': la inclinació de la mostra, el perfil geomètric de la canalització, el material combustible a la base de la canalització i el tipus de sistema d'ignició. Els resultats obtinguts defineixen un angle crític, al voltant dels 26°, pel qual es produeix l'efecte 'trench' en casos semi-canalitzats. Malgrat tot, l'autor no segueix una metodologia gaire estricta, ja que no té en compte alguns paràmetres importants com són la humitat que pot contenir la proveta, la homogeneïtat del material del sòlid combustible o els factors atmosfèrics com la pressió i la concentració d'oxigen en l'aire. L'autor explica que les provetes utilitzades són de fusta contraplacada, del mateix tipus i igual densitat, adquirida en dues etapes diferents i que en alguns casos les provetes més noves resultaven més difícils d'encendre.

En segon lloc, *l'estudi experimental de la influència de l'angle d'inclinació de la mostra de combustible en la velocitat de propagació de la flama* (Laura Pou, 2012), on s'analitza un dels factors que es consideren determinants perquè es produeixi l'efecte 'trench'; la inclinació del terreny. Els resultats del projecte conclouen que, en cas de flama descendent, la velocitat de propagació augmenta a mesura que es redueix l'angle d'inclinació de la mostra respecte del terra. També augmenta si l'angle es manté i s'augmenta la concentració d'oxigen en l'atmosfera. Un altre dels efectes observats és l'augment de la variabilitat de la velocitat de propagació quan augmenta la concentració d'oxigen en angles inferiors a 45° respecte del terra. L'estudi, però, no té en compte l'efecte de la canalització. En aquest cas, els experiments sí que s'han fet en condicions atmosfèriques conegudes i s'ha utilitzat un tipus de proveta de cel·lulosa de propietats definides. La metodologia i els sistemes utilitzats són els mateixos de què es disposa per a la realització d'aquest projecte.

Altres treballs que poden resultar interessants com a material complementari són els realitzats per Drysdale (Drysdale et al., 1992) i Quintiere (James G. Quintiere, 2001), que analitzen el comportament de la flama en combustibles sòlids primers per diferents graus d'inclinació de la proveta. En el primer cas, la proveta prima utilitzada és una targeta d'ordinador, mentre que en el segon s'utilitzen làmines de PET metal·litzat i paper de tovalló.

La necessitat és, doncs, la realització d'una investigació més profunda de l'avanç del foc en sentit descendent en un tram de combustible sòlid, prenent com a base els estudis previs:

En primer lloc, cal determinar amb més precisió, per a diferents concentracions d'oxigen, l'angle a partir del qual comença l'increment de la variabilitat de la velocitat de propagació de la flama en el cas on no hi ha cap tipus de canalització. Es requereix una metodologia estricta com la del segon estudi comentat prèviament per tal de millorar la precisió dels resultats i controlar els diversos paràmetres en el moment de realitzar els experiments.

En segon lloc, cal comprovar la influència de la canalització parcial en el comportament de la flama descendent, és a dir, la col·locació de parets d'una certa alçada als costats del recorregut per on pot passar la flama, evitant que el flux d'aire entri pel lateral. Per altra banda, es requereix informació sobre el comportament de la flama en el cas en què el canal es troba completament tancat.

## **1.2. Objecte**

Estudiar experimentalment els canvis en la velocitat de propagació de la flama pels següents casos: a) Combustió de mostres sense canalització (cas de referència), b) Combustió de mostres en canals oberts (parets laterals i inferior), c) Combustió de mostres en conductes tancats. Extreure conclusions sobre l'efecte 'trench' observat en diferents condicions.

## **1.3. Abast**

Analitzar els estudis previs i la documentació prèvia al fenomen estudiat, dissenyar experiments partint d'un sistema de cambra de combustió existent i realitzant les modificacions convenientes per al cas d'estudi, configurar / posar a punt els sistemes d'adquisició de dades, tant interns com externs de la cambra de combustió, per tal de realitzar una bona lectura i avaluació / estudi dels resultats, posar en pràctica els experiments i analitzar les dades fins a arribar a una conclusió.

## **2. PLANTEJAMENT DEL PROBLEMA**

### **2.1. Introducció**

Per tal d'entendre la metodologia que s'ha seguit a l'hora de realitzar els experiments, cal introduir abans algunes característiques del procés de combustió. També és necessari saber el funcionament de la cambra de combustió i de tot el muntatge utilitzat. Finalment, s'explicaran les modificacions realitzades al sistema per tal de complir els objectius de l'estudi.

### **2.2. Conceptes previs per a la combustió de sòlids**

Entenem el fenomen de la combustió com la interacció d'un conjunt de processos físics i químics. Podem classificar la combustió segons si es produeix en la fase gasosa, en líquids o en sòlids. En aquest treball s'estudiarà la combustió de sòlids i, per fer-ho, cal comprendre també alguns conceptes de la combustió en fase gasosa.

#### **2.2.1. Conducció, Convecció i Radiació**

Existeixen tres mecanismes de transmissió de calor. La conducció té lloc en el propi sòlid o fluid, on hi ha un gradient de temperatura i aquesta tendeix a equilibrar-se. En la convecció, un medi fluid és l'encarregat de realitzar l'intercanvi d'energia. La transmissió de calor per radiació es fa a través d'ones electromagnètiques.

La transmissió de calor en la flama descendent estudiada es produeix per convecció natural, no forçada. És a dir, es produeix un moviment dels gasos degut a la diferència de densitat entre els gasos calents i els freds, realitzant un intercanvi de calor sense aplicar cap tipus d'agitació externa. És important saber que la transmissió per radiació, en condicions de turbulència, afecta molt a la mida de la flama i, per aquest motiu, és molt difícil preveure la mida en condicions de turbulència.

#### **2.2.2. Detonació i deflagració**

La detonació té lloc quan la velocitat de la reacció és superior a la velocitat del so, habitualment entre Mach 5 i Mach 10 (Irvin Glassman et al. 2008), donant com a resultat una forta explosió. La deflagració, en canvi, és una combustió a velocitat inferior a la del so, normalment per sota d'un metre per segon. El cas estudiat correspon al segon tipus de combustió.



### 2.2.3. Tipus de flama

El combustible i l'aire poden trobar-se premescats o bé estar separats abans de la reacció. En el segon cas la mescla, necessària per a la reacció, es produeix per difusió. Segons la velocitat de propagació, el flux de la flama pot ser laminar o turbulent, generalment serà laminar per nombres de Reynolds inferiors a 2000, aproximadament. El comportament de la flama serà molt diferent en cada un dels casos mencionats (Figura 1), afectant directament a la velocitat de la flama.

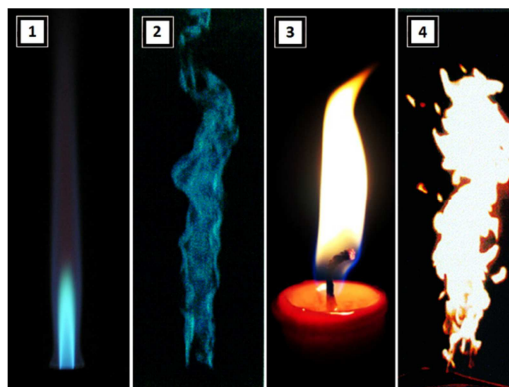


Figura 1. Tipus de flama: premesclada (1 i 2), difusiva (3 i 4), laminar (1 i 3) i turbulenta (2 i 4)

La flama estudiada en aquest treball, degut al sentit descendent de la propagació, serà sempre difusiva i de tipus laminar.

En aquest cas, la velocitat amb què es produeix la combustió depèn més de la velocitat de difusió que del temps que tarda en produir-se la reacció química (Ömer L. Gülder, 2008). Com a conseqüència, la flama està constituïda per diferents zones clarament diferenciades en funció de la proporció estequiomètrica ( $\Phi$ ). El front de flama, de color ataronjat i que defineix la forma de la flama es correspon amb la zona de mescla aproximadament estequiomètrica ( $\Phi \approx 1$ ), mentre que la zona més lluminosa és una zona rica en combustible ( $\Phi > 1$ ) (E. Brizuela et al, 2003).

### 2.2.4. Piròlisi i combustió

En primer lloc, cal distingir entre dos dels processos que tenen lloc successivament durant la propagació de la flama; la piròlisi i la combustió. Les dues es troben íntimament relacionades, ja que els productes de la primera són el combustible per mantenir la segona.

La piròlisi consisteix en la descomposició tèrmica de la matèria sòlida en un ambient inert. Es tracta d'una reacció endotèrmica, ja que requereix una aportació de calor externa. Com a resultat de la piròlisi de combustibles sòlids es formen productes en dos estats diferenciats: un primer en fase gasosa, que conté combustibles i no combustibles, i un segon producte en fase sòlida carbonosa, també conegut com a "char".

La combustió és una reacció exotèrmica, és a dir, que genera calor. Això és degut a que l'energia de formació ( $\Delta H_f^0$ ) dels compostos resultants de la combustió és negativa, és a dir, l'energia consumida en la ruptura dels enllaços químics dels reactius és inferior a l'energia alliberada en la formació dels enllaços dels productes (E. Brizuela et al, 2003). Perquè tingui lloc la combustió i la flama es propagui es requereix la presència de quatre factors, coneguts com el tetraèdre del foc; el comburent, el combustible, l'energia d'ignició (o de reacció) i la reacció en cadena.

En el cas d'estudi, el comburent o agent oxidant és l'oxigen, el combustible o agent reductor són els gasos despresos en la piròlisi i l'energia d'activació és la que proporciona la resistència ohmica d'una bobina. L'energia necessària per a la ignició la dona el flux de calor després per la flama un cop s'ha iniciat la reacció, i finalment es produeix una propagació de la flama, condicionada per diversos factors com són l'angle d'inclinació, la pressió atmosfèrica, la radiació de la flama i els factors geomètrics com la canalització de la flama, que és l'objecte d'estudi d'aquest projecte. La Figura 2 mostra el procés d'ignició de la proveta.



Figura 2. Fases del procés de generació de la flama: 1 – Estat inicial. 2 – Piròlisi. 3 – Combustió.

### 2.2.5. Orientació

L'angle del sòlid respecte de l'horitzontal influeix molt en la velocitat de propagació de la flama. Cal distingir dos casos principals: el cas en què la flama avança de dalt cap a baix, i el que avança des de la part inferior fins a la superior. Aquesta distinció és important degut a que en els dos casos, per un mateix angle d'inclinació, la longitud de proveta escalfada per la flama  $\delta_f$  és completament diferent (Figura 3). Per una

longitud de flama més gran la regió escalfada és també major i, per tant, es desprenen més gasos, que alimenten la flama existent. L'experiment més habitual per exemplificar aquest efecte és el d'encendre una cerilla per cada un dels casos explicats (James G. Quintiere, 2006)

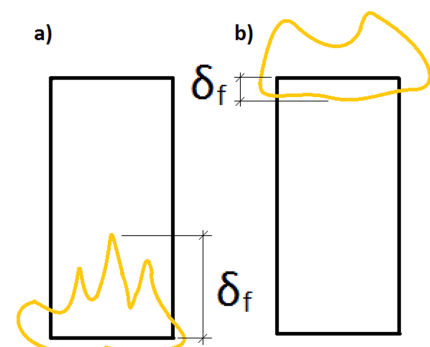


Figura 3. Longitud  $\delta_f$ . a – Cas ascendent. b – Cas descendent

Els experiments realitzats per aquest treball són tots en sentit descendent, tot i que la cambra també està preparada per a ser utilitzada en sentit ascendent.

### 2.2.6. L'efecte 'trench'

El context històric que dona nom a l'efecte 'trench' és el desastre que va tenir lloc a l'estació de metro de King's Cross, Londres, el 18 de Novembre de 1987. En aquell incident, un petit incendi originat per una burilla a les escales mecàniques de l'interior de l'estació es va propagar ràpidament en sentit ascendent i de manera violenta, convertint-se en un incendi de gran intensitat que va avançar cap a la zona de taquilles sense que els bombers hi poguessin fer res i acabant amb la vida de 31 persones (Jason J. Sharples et al. 2010)

Les investigacions posteriors a l'accident, així com l'estudi de casos similars i de diversos experiments, han confirmat l'existència d'un mecanisme que dona lloc a una ràpida propagació del foc i un augment de la intensitat de les flames, de comportament violent i fins i tot explosiu. Tot i que no s'ha aconseguit obtenir un model definitiu que expliqui aquest fenomen, s'han identificat quatre factors com a paràmetres importants per a l'aparició de l'efecte 'trench' (Yajue Wu et al., 1996): el pendent del terreny, el perfil geomètric de la secció on avança el foc, el tipus de material combustible i el tipus de sistema d'ignició.

### 2.3. Cambra de combustió

Els experiments es realitzen amb mostres de cel·lulosa de propietats conegudes a l'interior d'una cambra de combustió com la de la Figura 4.

La cambra és un cilindre d'acer de 30 cm de diàmetre interior i 60 de longitud. Es troba muntada sobre una estructura de tal manera que es pot moure horitzontalment i inclinar-se de 0 a 180° respecte del terra. La cambra ha de ser estanca, per això disposa de dues tapes d'alumini amb juntes de goma. Per tal de poder observar els experiments realitzats a l'interior, la cambra té una ranura rectangular amb una finestra de metacrilat.



Figura 4. Cambra de combustió

El conjunt de la cambra, juntament amb tots els sistemes interiors i exteriors, permet controlar diferents factors que condicionen la flama: concentració de gasos, pressió, temperatura, angle d'inclinació. La figura 5 mostra el sentit d'aquesta comunicació entre la cambra i l'exterior.



Figura 5. Diagrama d'entrada (input) i sortida (output) de la cambra de combustió

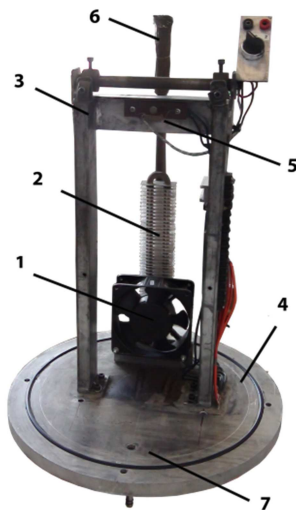


Figura 6. Elements de l'interior de la cambra

Com es pot observar a la Figura 6, a l'interior de la cambra s'hi troben un ventilador (1), un radiador (2) i una estructura fixa (3), entre altres components, tots ells fixats a la tapa inferior de la cambra (4). El suport de la proveta, que és extraïble, es col·loca a davant de l'estructura fixa amb l'ajuda de dos forats on s'hi encaixen els centradors del suport. L'estructura permet fixar el suport de la proveta per la part superior, de manera que aquest quedi totalment vertical. També hi ha una resistència (5), que s'encarrega de la ignició de la proveta. Els gasos d'entrada passen per un conducte acabat amb un difusor (6) i en acabat surten per un orifici situat a la tapa inferior (7) controlat per una vàlvula de bola.

El suport inicial de la proveta és una estructura rectangular d'acer, on es col·loca la proveta un cop fixada entre dos parells de planxes d'alumini, i es fixa amb un espàrrec i una femella.

A l'exterior de la cambra i fixades a la bancada hi ha (Figura 7), per una banda, les vàlvules d'admissió d'oxigen, nitrogen i aire comprimit i la vàlvula connectada a la bomba de buit. Per altra banda s'hi troba el quadre de control dels sistemes d'ignició, calefacció i ventilació.

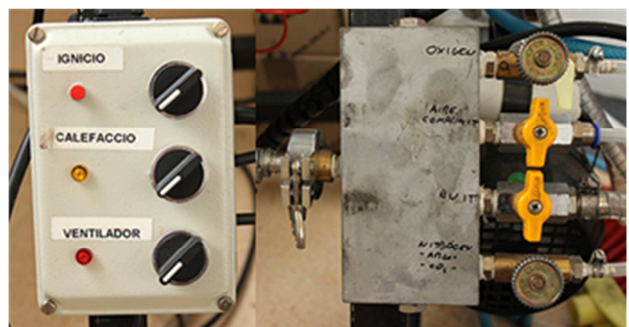


Figura 7 Controls (esquerra) i vàlvules (dreta)

La càmera que servirà per gravar els experiments va muntada en un trípode que es troba fixat a la cambra, de manera que la càmera quedi perpendicular al vidre independentment de l'angle de la cambra respecte del terra.

## 2.4. Modificacions a la cambra de combustió

El conjunt inicial de la cambra de combustió tenia una sèrie de punts a millorar. En alguns casos les millores han estat destinades a millorar i facilitar la lectura dels experiments, com és el cas dels miralls laterals, el sistema d'il·luminació o els termoparells. Altres millores, com la substitució de la finestra de metacrilat per una de vidre, s'han fet amb l'objectiu d'augmentar la seguretat i evitar accidents, especialment en els casos en què la flama té més intensitat. Finalment, la modificació del suport de la proveta i el sistema de canalització són necessàries per a la realització dels experiments de flama semi-canalitzada i canalitzada.

### 2.4.1 Miralls

Per tal de mesurar l'alçada de la flama, així com l'angle d'inclinació respecte de la proveta, s'han col·locat dos miralls, un per mesurar l'alçada superior i l'altre per mesurar la distància inferior de la flama.

Tal com es veu a la Figura 8, el mirall esquerre permet mesurar la distància inferior de la flama i el dret la superior. Es troben inclinats aproximadament 60 i 45° respectivament respecte la proveta i van fixats a l'estructura fixa de l'interior de la cambra.

Per una banda, s'han dissenyat uns suports inferiors (Figura 9) que es puguin regular lleugerament, tenint en compte que l'obertura de la cambra permet un camp de visió molt reduït, i que un lleuger canvi en la orientació del vidre varia molt el resultat. Els suports inferiors estan fets de planxa d'acer i són regulables, mentre que els suports superiors són dues pinces de doble nou.

L'Annex C conté informació de la calibració dels miralls per tal de realitzar la mesura de la flama.

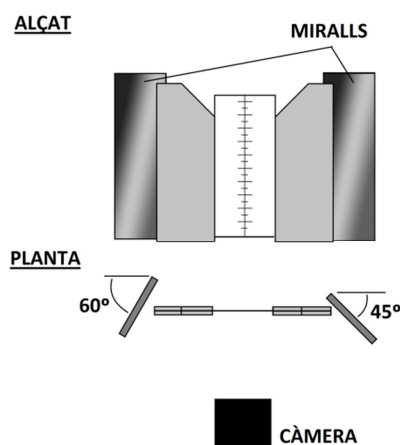


Figura 8. Esquema de la col·locació dels miralls

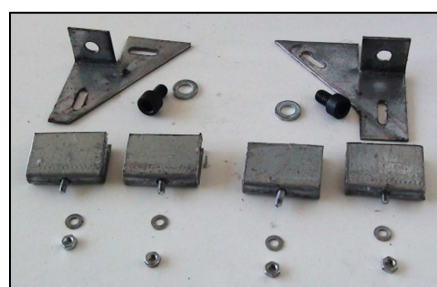


Figura 9. Conjunts de suport dels miralls.

### **2.4.2 Il·luminació**

Observant els resultats dels experiments anteriors, en alguns casos és difícil fer la lectura dels resultats, ja que el contrast entre la llum de la flama i la foscor de la resta de la cambra és tan gran que no es veu el punt en què la flama passa per cada marca. La solució a aquest problema ha estat col·locar una làmpada externa a la cambra enfocada en direcció a la proveta.

### **2.4.3 Termoparells**

Un termoparell és un sensor que mesura la temperatura mitjançant una diferència de potencial proporcional a la variació de temperatura. En el cas d'estudi la flama no està fixa sinó que avança, i per analitzar-ne la temperatura en un punt concret cal que la mesura es faci en molt poc temps, per això és convenient fer servir un termoparell. No es pot escollir un model qualsevol, s'ha d'utilitzar un termoparell amb una velocitat de resposta molt ràpida i que resisteixi temperatures elevades. La implementació dels termoparells al muntatge no s'ha realitzat en aquesta etapa, però s'ha realitzat el muntatge i la comprovació per tal de poder-los utilitzar en experiments posteriors.

A l'Annex C s'hi expliquen les característiques dels termoparells disponibles, com realitzar-ne la lectura i el procés que s'ha seguit per fabricar el termoparell per al dispositiu experimental.

### **2.4.4 Finestra**

Degut a l'elevada intensitat de la flama en un dels experiments, la peça inicial de metacrilat que permetia observar l'interior de la cambra i, alhora, resistir l'efecte del buit generat per obtenir una atmosfera controlada, s'ha incendiat i s'ha hagut de substituir.

Per tal d'evitar els mateixos problemes en futurs experiments, s'ha encarregat la fabricació d'una peça de vidre de dimensions similars. El vidre no s'ha pogut tractar tèrmicament per tal que sigui resistent a elevats gradients tèrmics degut a la incompatibilitat d'aquest tractament amb els forats necessaris per subjectar el vidre a la cambra.

Finalment, el vidre modificat no ha resistit els experiments i s'ha esquerdat. La solució escollida ha estat rectificar la peça de metacrilat original per tornar-la a instal·lar de manera provisional. En el futur una solució seria mantenir la tapa de metacrilat i protegir-la amb una placa de vidre sense perforar i silicona ignífuga a les juntes.

### 2.4.5 Canalització

El sistema de canalització al llarg de la proveta és de vidre trempat, resistent a un gradient de temperatura molt més elevat que un vidre convencional, per tal de poder observar la velocitat de propagació de la flama i la resta de paràmetres. El sistema està pensat per poder-se utilitzar tant pel cas de canal semiobert com en el cas de canal tancat. Les peces laterals tenen tres alçades diferents: 13, 18 i 28 mm, que sumades als 2mm de gruix de la planxa d'alumini sumen 15, 20 i 30 mm, respectivament (Figura 10).

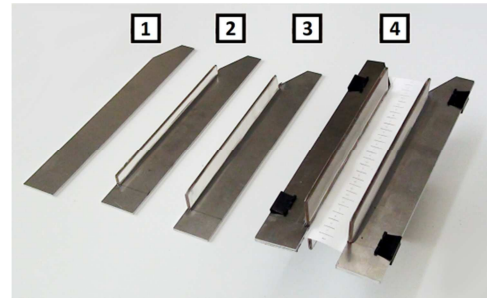


Figura 10. Planxes: No canalitzada (1) Amb semicanalització de 15 (2), 20 (3) i 30 mm (4)

### 2.4.6 Suport de la proveta

El suport original, amb base rectangular, té l'inconvenient que dificulta la circulació de gasos per l'interior de la canalització. El suport modificat (Figura 11) té un tram central lliure de 4 cm, l'amplada de la proveta, i subjecta les dues pletines mitjançant femelles de papallona que es collen en dos espàrrecs laterals en comptes d'un de central.



Figura 11. Suports (1) original i (2) modificat

### 2.5. Proveta

Es tracta d'una tira de paper de cel·lulosa de 26 cm de llarg per 6 cm d'amplada, 4 dels quals són útils i dos (un per cada costat) per fixar la proveta a les planxes laterals de subjecció. Com s'indica a la Figura 12, per poder fer la lectura de la posició de la flama cada proveta es troba dividida en trams de 0,5 cm.

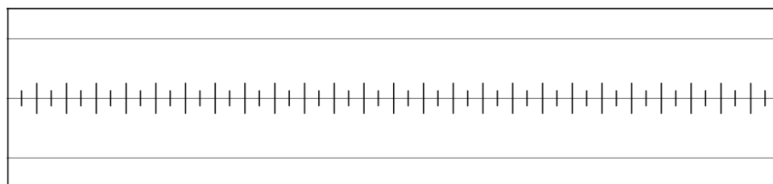


Figura 12. Dibuix esquemàtic de la proveta de cel·lulosa

A l'hora de fer un estudi en combustibles sòlids és important determinar si es tracta d'una proveta tèrmicament prima o gruixuda. La principal diferència és que, al contrari que els objectes gruixuts, es pot considerar que les provetes primes no tenen gradients interns de temperatura i, per tant, es pot negligir l'efecte de la conducció de calor a través del material.

Es defineix un objecte tèrmicament prim com aquell en què el gruix físic,  $d$ , és inferior a la distància de penetració tèrmica en el material ( $d \ll \delta_T$ ). Per simplificar els càlculs, es pot dir que la proveta utilitzada és prima, prenent el criteri que un sòlid es pot considerar tèrmicament prim si el seu gruix és inferior a 1mm (James G. Quintiere. 2006).



### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Introducció

Amb la finalitat d'aconseguir la màxima precisió possible en els resultats obtinguts i assegurar-ne la repetibilitat, s'ha seguit una metodologia molt estricta. Aquesta metodologia és la mateixa que segueix el treball de referència (Laura Pou, 2012), excepte una petita variació en la preparació de la proveta que s'explica a continuació.

#### 3.2. Preparació de la proveta

La preparació de la proveta té com a objectiu principal extreure'n la humitat. Aquest procés es realitza en dues etapes: Primer es col·loca la proveta dins d'un forn a una temperatura de 105 °C durant dues hores. A continuació es col·loca en un recipient hermètic (Figura 13.) que conté boles de gel de sílice durant 24 hores com a mínim, amb l'objectiu de disminuir la temperatura de la proveta fins a temperatura ambient sense que augmenti la humitat. Un cop fora del recipient, s'ha d'intentar treballar el més ràpid possible per evitar que la proveta recuperi la humitat.



Figura 13. Recipient hermètic

Les boles de gel de sílice, originalment, tenen un color taronja que, a mesura que es va absorbint l'aigua, passa a ser un taronja més pàl·lid o fins i tot blanc. Quan això passa, s'han de posar les boles al forn perquè perdin la humitat. Amb recipient utilitzat en els experiments de l'estudi anterior això s'havia de fer sovint, ja que el recipient no era completament hermètic, i és possible que les provetes no sempre es mantinguessin sense humitat.

#### 3.3. Preparació de la cambra

En primer lloc, col·locar la proveta entre les plaques metàl·liques i fixar-les amb unes pinces. Col·locar-les al suport de la proveta i introduir-ho a la cambra. La tapa inferior de la cambra té dos orificis on encaixen els dos centradors del suport de la proveta.

En segon lloc, col·locar la tapa superior, collar-la i comprovar que totes les vàlvules estan tancades.

En tercer lloc, fer el buit: obrir la vàlvula corresponent, engegar la bomba i esperar a arribar a la pressió indicada pel full d'Excel. Si la pressió exterior és inferior a un bar, cal collar una mica més la tapa superior, ja que l'experiment es realitza a 1 bar i poden haver-hi pèrdues degudes a la diferència positiva de pressió.

A continuació, obrir la vàlvula d'admissió d'oxigen fins a arribar a la pressió desitjada. Repetir el procés amb el nitrogen, fins arribar a la pressió indicada en el full.

Un cop emplenada la cambra, cal engegar el ventilador durant 2 minuts per tal d'homogeneïtzar la mescla de gasos. Seguidament, deixar reposar la mescla durant 3 minuts més per minimitzar l'efecte dels corrents convectius forçats pel ventilador. L'elecció del temps per a cada una de les etapes es basa en dades experimentals. Abans de procedir a la ignició, realitzar una lectura del manòmetre per comprovar que la pressió final és aproximadament la que s'havia d'obtenir.

#### **3.4. Ignició i gravació**

Un cop preparada la mescla de gasos de la cambra, engegar la càmera i procedir a la ignició. Aturar la resistència quan el paper estigui encès i continuar gravant tot el procés de propagació de la flama.

#### **3.5. Neteja de la cambra**

Després de realitzar l'experiment, cal expulsar els gasos resultants de la combustió a fora de la cambra. Per fer-ho, primer obrir la vàlvula d'escapament situada a la tapa inferior de la cambra i, a continuació, la vàlvula d'entrada d'aire comprimit. És important seguir aquest ordre ja que, si no s'obre la vàlvula de bola inferior, la pressió de la cambra pot arribar a ser excessiva i fer malbé el manòmetre. Per anar bé, s'hauria de procurar que la pressió subministrada marqui al voltant d'uns 200 mbar al manòmetre.

#### **3.6. Fulls de seguiment i control**

Per tal de poder identificar fàcilment i analitzar cada experiment per separat, s'han emplenat una sèrie de documents que detallen les condicions de cada prova.

En el full d'Excel, s'introdueixen les dades extretes de la pàgina web de l'estació meteorològica del Grup de Física Ambiental del Departament de Física de la Universitat de Girona [1] o bé de la web de Pluriversal [2]. A partir d'aquestes, s'obtenen els valors de buit, oxigen i nitrogen que cal aplicar per obtenir la concentració d'oxigen desitjada a un bar de pressió. També s'hi anoten els valors que

realment s'han aconseguit, a partir de la lectura del manòmetre, per conèixer la concentració que s'ha assolit. Per a més informació, consultar l'Annex A.

En una plantilla en format DIN A4 s'apunten les mateixes dades que en el full d'Excel, per tal de tenir una còpia física de les dades de l'experiment.

En una etiqueta s'escriuen la data i número d'experiment, codi, angle, concentració d'O<sub>2</sub> i nom del fitxer de vídeo corresponent a la prova. L'etiqueta es col·loca a la part superior del vidre de la cambra, i així apareix al principi de cada gravació.

### **3.7. Experiments**

Per tal d'observar i controlar la variabilitat en els resultats experimentals, així com evitar treure conclusions a partir de dades atípiques o *outliers*, s'han realitzat tres repeticions per cada un dels experiments descrits a continuació.

#### **3.7.1. Cas de referència**

Partint de les dades de l'estudi previ (Laura Pou, 2012), es disposa dels resultats per al cas de propagació de la flama sense cap tipus de canalització per inclinacions de 90, 67.5, 45, 22.5 i 0 graus respecte del terra, i per concentracions d'oxigen de 22, 25, 30 i 50%. En funció de l'angle, els resultats mostren una tendència a l'augment de la velocitat de propagació i de la variabilitat a partir dels 45 graus d'inclinació, variant molt poc a la zona entre 90 i 45 graus. També hi ha un augment de la velocitat de propagació a mesura que augmenta la concentració d'oxigen a l'atmosfera.

Tot i que l'estudi anterior mostra clarament els canvis per menys de 45 graus, no té suficients dades com per concretar més en quin punt tenen lloc aquestes inestabilitats, ni tampoc com es comporta la flama per concentracions superiors al 50% d'oxigen. Per aquest motiu s'han estudiat els casos a 35, 30, 20 i 10 graus, per concentracions del 22, 25, 30, 50 i 100% d'oxigen.

#### **3.7.2. Canal semiobert**

Partint de les diferents alçades de flama mesurades en els experiments del cas no canalitzat, s'ha optat per estudiar el segon cas amb tres alçades diferents de paret lateral: 15, 20 i 30 mm. La separació entre parets és la mateixa que l'amplada de la proveta; 40 mm.

Pel que fa a la inclinació de la proveta, els experiments s'han realitzat a 90, 30 i 20 graus respecte del terra. Els experiments a 90° s'han fet per tenir un valor de referència, mentre que en els altres casos

s'ha escollit aquest rang pel fet que són els angles a partir dels quals es troba un augment de la velocitat de propagació i de la variabilitat dels resultats, tal com es comentarà en l'apartat 4.2. Cas de referència.

La idea inicial era fer els experiments amb concentracions del 22, 25 i 30%, però degut a una sèrie de problemes tècnics, ha estat impossible realitzar tots els experiments previstos.

En l'experiment número 62, tal com s'explica en el capítol 4, realitzat amb la cambra en posició horitzontal i a concentració d'oxigen del 100%, la flama va arribar fins a l'alçada de la finestra de la cambra, causant la ignició de la silicona i propagant-se a la finestra de metacrilat. A causa d'això es va encarregar un nou disseny de tapa de vidre que previngués accidents d'aquest tipus en el futur, però la geometria del vidre i la necessitat de realitzar forats al marc per poder-lo fixar impediend que es tractés d'un vidre trempat, resistent a elevats gradients tèrmics. Aquest nou vidre, a causa de l'elevat gradient tèrmic i de les pressions causades per la forma cilíndrica de la cambra, es va esquerdar per la meitat, impediend la realització de nous experiments davant la impossibilitat de fer el buit a la cambra. Finalment, s'ha optat per rectificar la peça inicial de metacrilat i tornar-la a col·locar a la cambra per poder finalitzar els experiments, a l'espera de realitzar-hi algunes millores en el futur.

Aleshores, els experiments s'han realitzat a concentració atmosfèrica, que es pot aproximar al cas amb una concentració d'oxigen del 22%. La semicanalització utilitzada inicialment és la de 20mm d'alçada. En funció dels resultats obtinguts, es podran utilitzar la resta d'alçades en etapes posteriors.

També cal comentar que la semicanalització s'ha fet per les dues cares de la proveta.

### **3.7.3 Canal tancat**

De la mateixa manera que en el cas semicanalitzat, s'han realitzat experiments a 90, 30 i 20 graus i las concentracions d'oxigen han estat l'atmosfèrica, aproximadament un 22%. El vidre superior també s'ha col·locat als dos costats, cada una a una distància de 20mm de la proveta.

## 4. RESULTATS EXPERIMENTALS

### 4.1. Introducció

A continuació s'exposen, de manera gràfica i resumida, els resultats obtinguts a partir de l'anàlisi de les gravacions dels experiments realitzats. La informació detallada de cada experiment es troba a l'Annex A.

Cal comentar que, tal com s'ha calculat a l'Annex B, es considerarà que una variació en la velocitat és important si supera els 0.1 m/s i que la variabilitat serà significativa quan la relació entre el rang i la velocitat mitja corresponent sigui superior al 10%.

### 4.2. Cas de referència

Els experiments del cas de propagació sense canalització corresponen als experiments amb ID del 01 al 62. El valor dels paràmetres en cada cas es troba resumit en la Taula 1.

ANGLE 1* (°)	ANGLE 2** (°)	CONCENTRACIÓ D'OXIGEN ( $X_{O_2}$ )														
		22%			25%			30%			50%			100%		
90	0	01	02	03	x	x	x	04	05	06	07	08	09	10	11	12
67.5	22.5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
45	45	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
35	55	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	-	-	-
30	60	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	-	-	-
22.5	67.5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
20	70	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	-	-	-
10	80	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	-
0	90	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-

Taula 1. ID en funció de l'angle d'inclinació i la concentració d'oxigen

\*Angle 1 : Angle de la proveta respecte del terra.

\*\* Angle 2 : Angle de la proveta respecte del valor assenyalat pel transportador d'angles de la cambra.

x : Dades experimentals prèvies (Laura Pou, 2012)

Encara que a la taula es mostren els valors d'angle respecte dos sistemes de referència diferents, l'angle mesurat pel transportador d'angles s'utilitza només a l'hora de realitzar els experiments i, per tant, sempre que es parli d'una inclinació de la proveta es parlarà de l'angle respecte del terra.

#### 4.2.1. Velocitat de propagació

A partir dels valors de posició de la flama en funció del temps s'ha observat que la variació de posició ( $\Delta x$ ) per cada interval de temps, és a dir la velocitat, en tots els casos és una relació de tipus lineal. Per exemple, en el cas O2, amb un angle de  $90^\circ$  respecte del terra, els valors de posició i temps són els de la Taula 2.

x (cm)	t - t0 (s)
0	0
0,5	1,48
1	2,8
1,5	4,88
2	6,44
2,5	8,04
3	9,52
3,5	11,28
4	12,84
4,5	14,72
5	16,28
5.5	18,16

x (cm)	t - t0 (s)
6	20
6.5	21,72
7	24,04
7.5	25,84
8	27,48
8.5	29,08
9	30,96
9.5	33,16
10	35,04
10.5	36,92
11	38,6
11.5	40,56

x (cm)	t - t0 (s)
12	43,08
12.5	45,64
13	47,48
13.5	49,16
14	51,48
14.5	53,12
15	55,08
15.5	57
16	59,28
16.5	61,12
17	63,36
17.5	65,04

Taula 2. Valors de posició – temps. Experiment O2

Representant gràficament els valors de la Taula 2 (Figura 14):

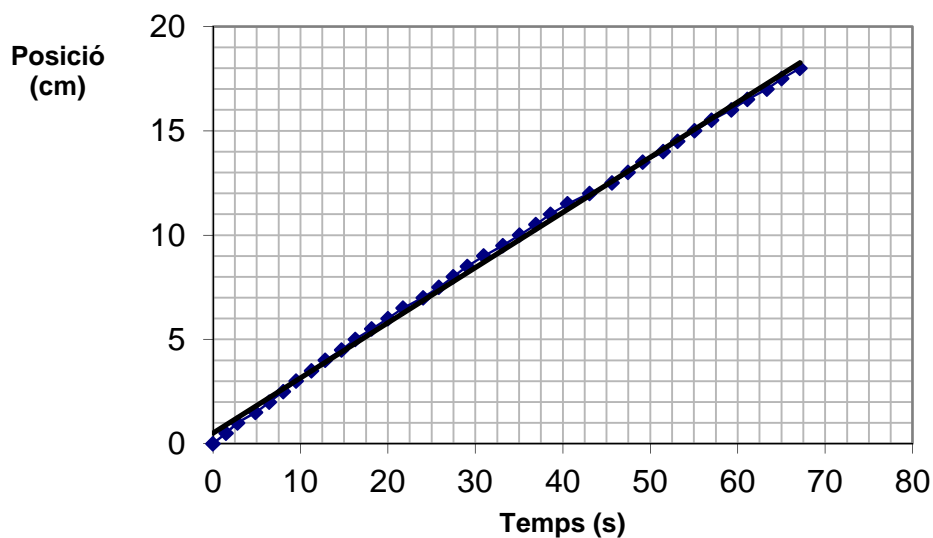


Figura 14. Gràfic temps - posició. Experiment O2

Gràficament, la velocitat de propagació correspon al pendent de la recta anterior. A partir de la regressió lineal dels valors de la taula, s'obté que la velocitat del cas O2 és de 0,2643 centímetres per segon. El coeficient de determinació ( $R^2$ ), que determina la relació entre les dues variables, essent 0 en el cas en què són completament independents i 1 quan la relació és completament dependent, és de 0.9984.

En tots els casos s'han menyspreat els primers cinc centímetres de la proveta per tal de minimitzar la influència de l'energia d'ignició de la resistència òhmica.

#### 4.2.2. Velocitat de propagació en funció de l'angle d'inclinació

Amb una concentració d'oxigen constant del 22% (Veure Taula 1.) la velocitat d'avanç de la flama varia molt poc pel rang entre 90 i 35° (Figura 15). A partir dels 35° l'augment de la velocitat és visible, passant dels 0,3 cm/s per un angle de 30° a aproximadament 0,4 cm/s per un angle de 10°. A partir de 10° l'increment de velocitat és important.

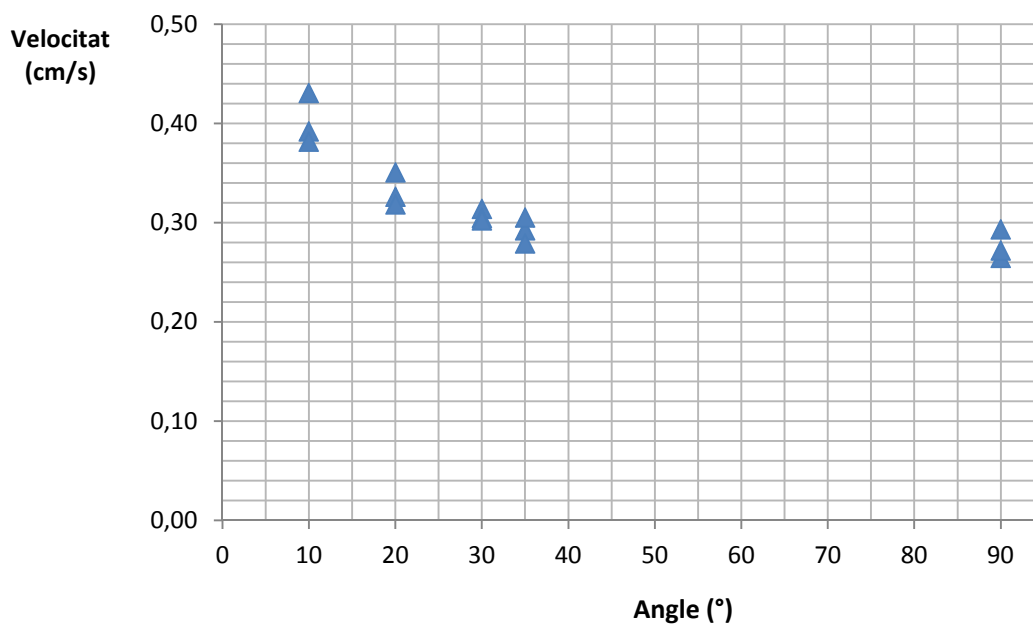


Figura 15 Gràfic Velocitat - Angle. X02 = 22 %

En aquest cas, la variabilitat dels resultats és pot considerar elevada, ja que la relació entre el rang i la velocitat mitja es troba al voltant del 10% en la majoria de casos. Aquesta variabilitat, però, no depèn de l'angle sinó que és generalitzada. Això pot ser degut a la formació de cendres a baixa velocitat, tal com es comentarà més endavant.

Comparant aquests resultats amb els de la resta d'experiments (Figura 16), es poden observar dues coses.

En primer lloc, la velocitat de propagació de la flama comença a augmentar, en tots els casos, a partir dels 35 graus d'inclinació. L'augment de la velocitat comença a ser considerable a partir d'una inclinació de 30 graus per una concentració del 50%, a partir 20 graus per  $X_{O_2} = 30\%$  i a partir de 10 graus per  $X_{O_2} = 22\%$ .

En segon lloc, la velocitat de propagació augmenta si la concentració d'oxigen en l'atmosfera és més elevada. Així doncs, per una concentració d'oxigen del 22%, la velocitat de propagació varia entre els 0.26 i 0.43 cm/s mentre que per una concentració del 50% es troba entre 0.87 i 1.3 cm/s.

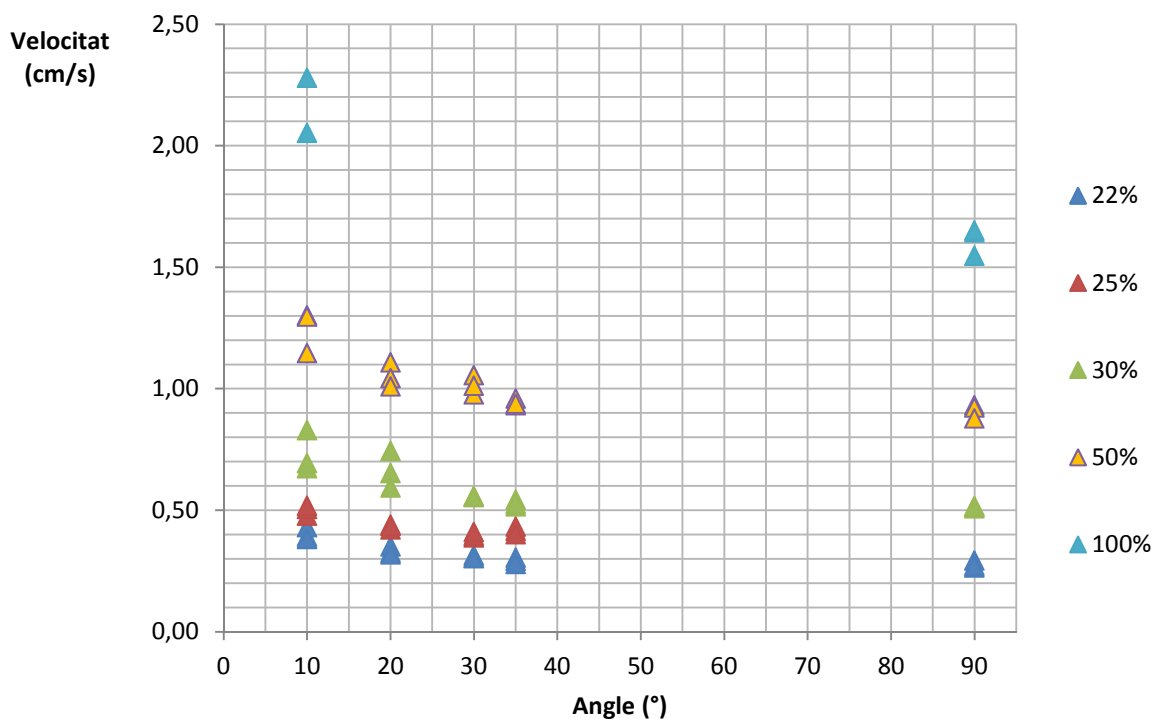


Figura 16 Gràfic Velocitat - Angle per a diferents concentracions d'oxigen

La variabilitat dels resultats, sense incloure el cas amb concentració d'oxigen del 22% pel motiu comentat anteriorment, és considerable per angles inferiors a 20 ° quan la concentració és superior al 30%.

Cal dir que la variabilitat dels resultats de referència (Laura Pou, 2012) és considerablement més elevada. Una de les possibles explicacions a aquests resultats és la millora del sistema de deshumidificació de les provetes.



### 4.2.3. Velocitat de propagació en funció de la concentració d'oxigen

Per poder conèixer millor la relació entre la concentració d'oxigen i la velocitat de propagació de la flama, es poden observar els resultats obtinguts amb una inclinació constant de 10° (Figura 17). Com es podia intuir en el gràfic anterior, les dues variables mostren un comportament directament proporcional.

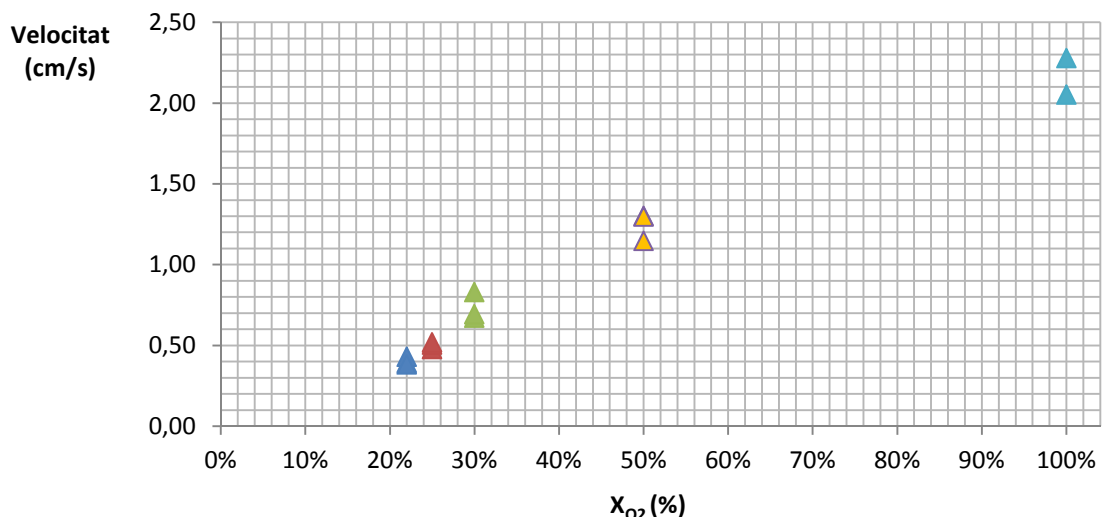


Figura 17 Gràfic Velocitat - Concentració d'oxigen. Inclinació = 10°

Comparant els resultats experimentals amb la corba teòrica (Figura 18), obtinguda a partir dels càlculs de l'Annex B, es pot observar com la corba teòrica, a X<sub>O2</sub> =100% es troba per sota dels valors experimentals, però aquests decreixen més ràpidament a mesura que la concentració d'oxigen disminueix.

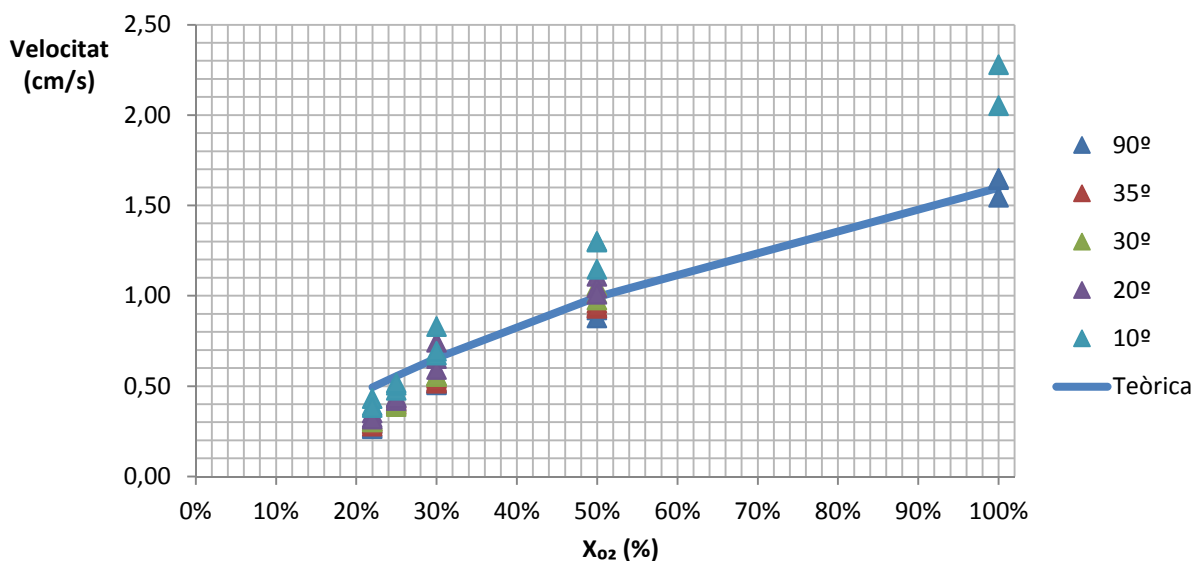


Figura 18 Gràfic V - X<sub>O2</sub> per a diferents inclinacions i corba teòrica

A concentracions inferiors al 25% els valors experimentals es troben per sota de la corba teòrica i tendeixen a una velocitat nul·la, és a dir a l'extinció de la flama, per a una concentració entre 10 i 20% d'oxigen, mentre que la velocitat nul·la en la corba teòrica només es dona quan la concentració d'oxigen és del 0%.

#### 4.2.4. Longitud de piròlisi i característiques de la flama

A partir de les imatges gravades durant l'experiment, es poden observar els efectes que provoca el pas de la flama al llarg de la proveta. Es pot apreciar la longitud de la zona afectada per la piròlisi ( $L_p$ ), així com la magnitud dels diferents paràmetres que permeten definir la flama, com són l'angle respecte la proveta ( $\beta$ ) i l'alçada (paral·lela a la proveta) superior ( $h_s$ ) i inferior ( $h_i$ ), (Figura 19).

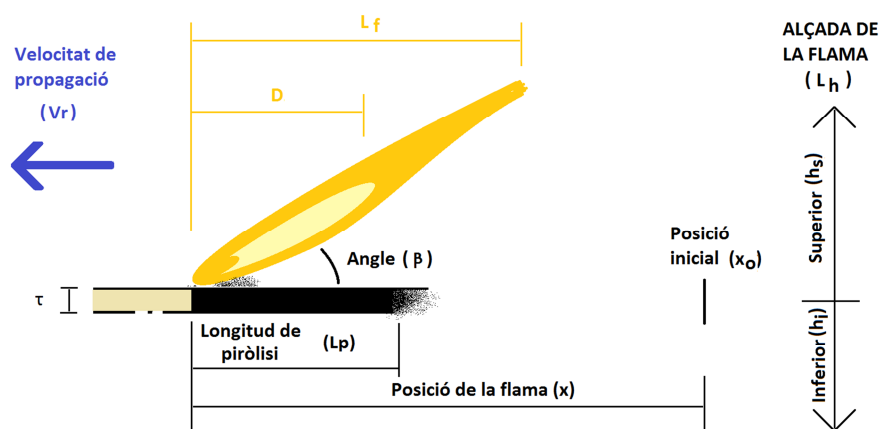


Figura 19. Esquema dels paràmetres en la propagació de la flama

Per tal d'obtenir un valor mitjà de les magnituds mencionades prèviament, s'han agafat cinc mostres de cada experiment, amb l'ajuda del programa informàtic Meazure™ i prenent com a referència d'escala el regle numerat de les planxes laterals de subjecció. En l'Annex A s'hi poden trobar els valors mesurats. A partir d'aquestes mostres s'ha obtingut la mitjana aritmètica dels valors.

Representant gràficament els valors de longitud de piròlisi en funció de la inclinació de la proveta i de la concentració d'oxigen en l'atmosfera (Figura 20) es pot observar com, tot i que els valors són molt propers entre ells, en general els valors amb menys concentració d'oxigen es corresponen amb longituds de piròlisi més baixes que els resultats amb més concentració d'oxigen.

Comparats amb els valors de longitud de piròlisi teòrica, calculada a l'Annex B, els valors experimentals són més grans que els teòrics.

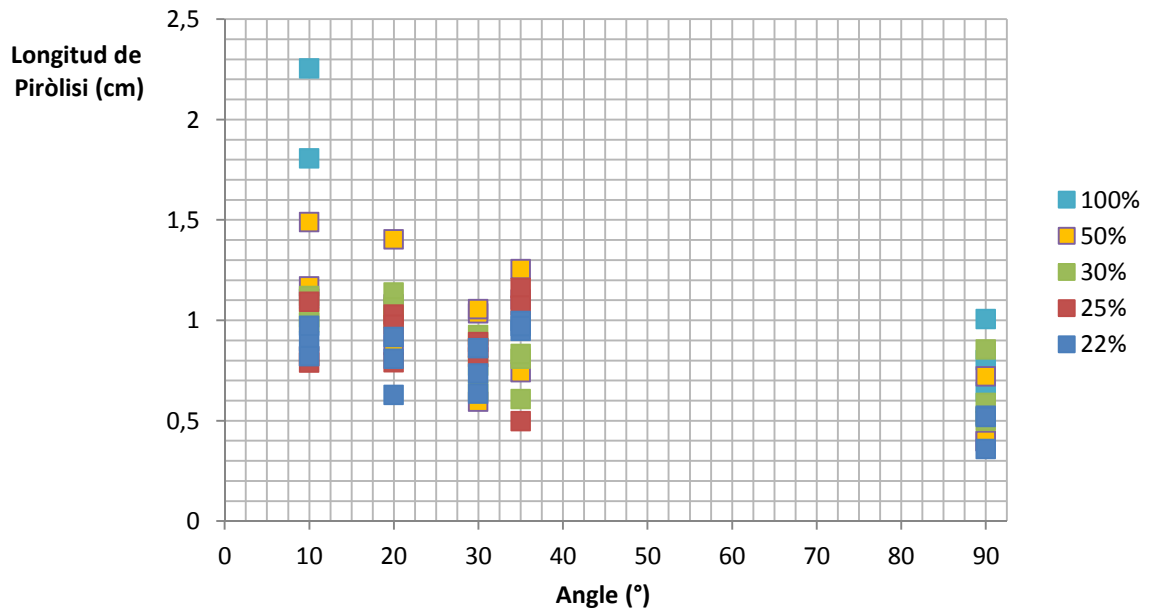


Figura 20 Gràfic Lp - Angle per a diferents concentracions d'oxigen

Tal com es veu en la Figura 21, les característiques de la flama canvien molt en funció de la concentració d'oxigen en l'atmosfera. A simple vista, per  $X_{O_2} = 22\%$ , la flama és molt dèbil i té molt poca alçada. En canvi, per  $X_{O_2} = 100\%$  s'obté una flama molt més intensa, amb una alçada considerable.

#### 4.2.5. Altres fenòmens observats

Alguns dels fenòmens observats en els resultats i que no s'han comentat en els apartats anteriors són les fluctuacions de la flama i la formació de cendres.

Si bé la flama manté un comportament força regular al llarg de tot l'experiment, tal com es demostra amb els resultats de la velocitat de propagació, durant la combustió de la proveta es produeixen fluctuacions que en alguns casos dificulten la mesura i la caracterització de la flama.

Per posar-ne un exemple, amb una inclinació de  $90^\circ$  i una concentració d' $O_2$  del 50%, la seqüència d'imatges capturades per la càmera de vídeo és la següent (Figura 22).

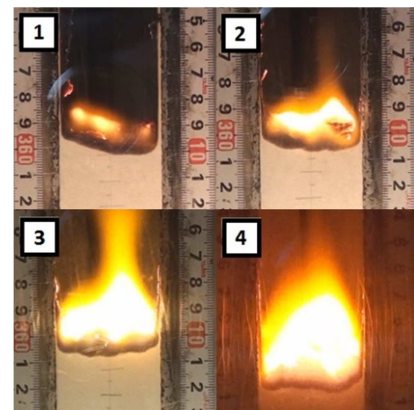


Figura 21. Tipus de flama resultant a  $90^\circ$   
 1 -  $X_{O_2} = 22\%$  ; 2 -  $X_{O_2} = 30\%$   
 3 -  $X_{O_2} = 50\%$  ; 4 -  $X_{O_2} = 100\%$



Figura 22. Seqüència de 0,5 segons on s'observa la fluctuació de la flama.

La flama, per tant, no és constant, sinó que s'expandeix i es contrau de manera cíclica.

Pel que fa a la formació de cendres, en alguns casos, la regió de paper on ja s'hi ha produït la piròlisi no és consumida immediatament per la flama, sinó que forma petits rotlles de paper que sobresurten de la proveta. Aquesta deformació pot influir en el flux de gasos que circula al voltant de la flama (Drysdale et al. 1992) i, consegüentment, en la velocitat de propagació de la flama.

A la Figura 23 es pot veure com es va formant un rotlle de cendra que avança amb la flama. Correspon al cas 19, a  $35^\circ$  i  $X_{O_2}$  del 30% on, fins i tot, una part d'aquestes cendres es van desprendre i van encendre la part inferior de la proveta.

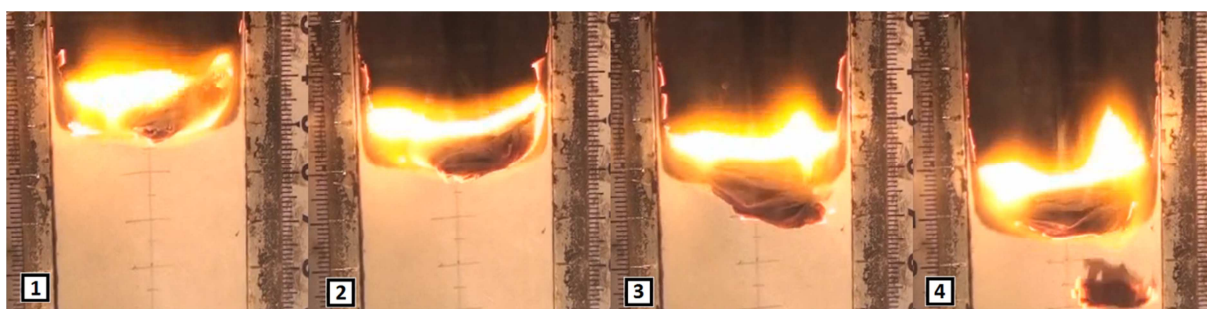


Figura 23. Formació i despremiment d'un rotlle de cendra.

### 4.3. Canal semiobert

La Taula 3 mostra els experiments realitzats pel cas de propagació amb canal semiobert de 20 mm d'alçada, amb la ID corresponent.

ANGLE 1* (°)	ANGLE 2** (°)	CONCENTRACIÓ D'OXIGEN ( $X_{O_2}$ )											
		22%			25%			30%			50%		
90	0	63	64	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	60	66	67	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	70	69	70	71	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Taula 3. ID en funció de l'angle d'inclinació i la concentració d'oxigen.  $h = 20$  mm

\*Angle 1 : Angle de la proveta respecte del terra.

\*\* Angle 2 : Angle de la proveta respecte del valor assenyalat pel transportador d'angles de la cambra.

### 4.3.1. Velocitat de propagació en funció de l'angle d'inclinació

El gràfic de la Figura 24 mostra les velocitats de propagació obtingudes en els experiments mencionats.

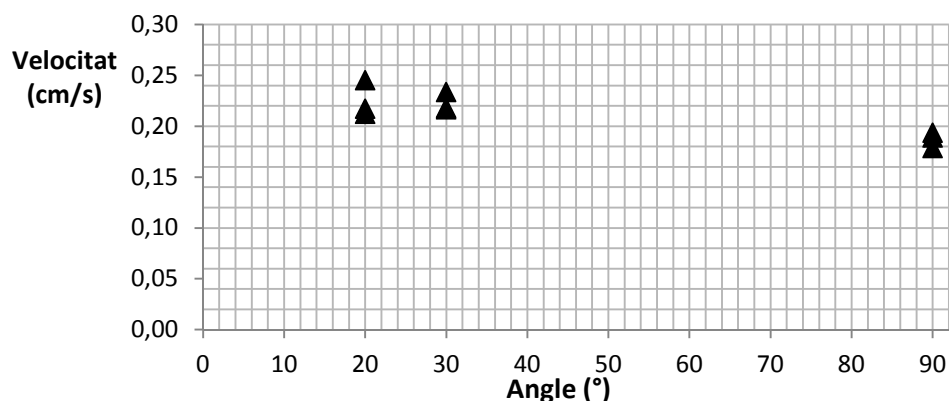


Figura 24. Gràfic Velocitat - Angle pel cas semicanalitzat a  $X_{O_2} = 22\%$

S'observa una lleugera variació entre 90 i 30 graus, però en general es pot dir que la velocitat de propagació es manté relativament constant en les tres orientacions estudiades. Això es veurà més clarament si es compara amb els resultats del cas de referència. Pel que fa a la variabilitat, a 30° és lleugerament més gran que a 90°, mentre que a 20° ja és considerable segons el criteri utilitzat anteriorment.

### 4.3.2. Comparació amb el cas de referència

Si es comparen els resultats amb les velocitats de propagació del cas no canalitzat a concentració d'oxigen del 22% (Figura 25), es pot comprovar com la velocitat de propagació és en tot moment inferior a la observada en el cas inicial. A més, a 20°, on la velocitat en el cas de referència tendeix a augmentar, en aquest cas es manté constant.

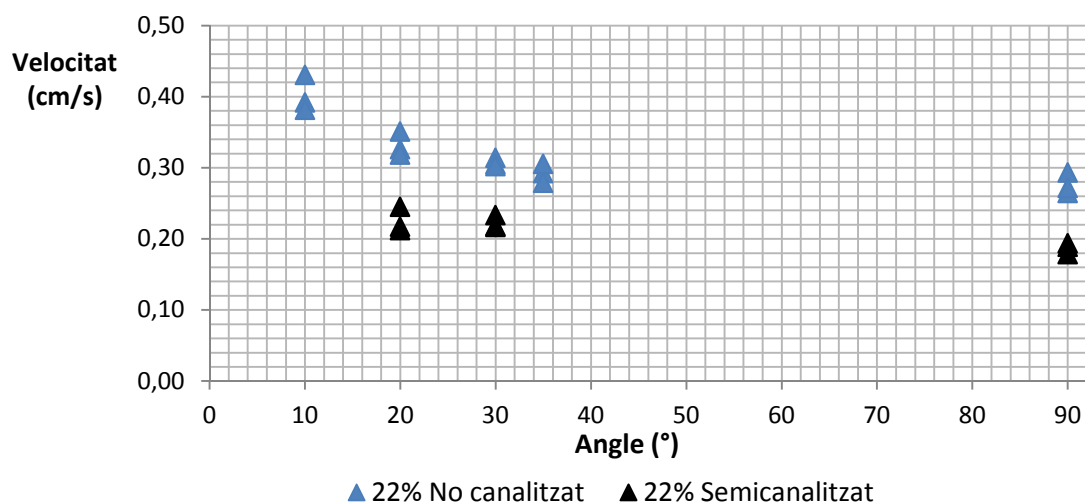


Figura 25. Gràfic Velocitat - Angle comparant el cas de referència amb el cas semicanalitzat a  $X_{O_2} = 22\%$

Les dues parets laterals, per tant, han inhibit la propagació de la flama impedit l'entrada de gasos oxidants procedents de la zona lateral de la flama. Caldria estudiar si l'augment de velocitat es produeix a angles inferiors o si la inhibició afecta completament a tot el cas de flama descendent.

#### 4.3.3. Longitud de piròlisi

Els valors de  $L_p$  experimentals són els que es mostren a la Figura 26, comparats amb els del cas no canalitzat a  $X_{O_2}=22\%$ . Les longituds en aquest cas són inferiors que en la proveta no canalitzada per tots els angles estudiats.

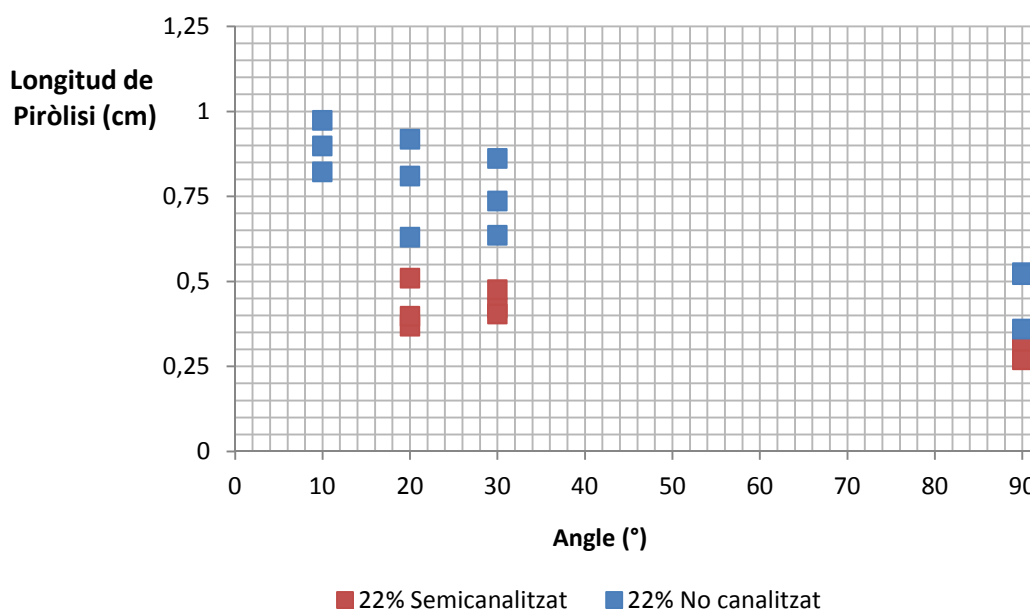


Figura 26 Gràfic  $L_p$  - Angle en funció de la canalització

#### 4.3.4. Altres observacions

Les dimensions de la flama generada són tan petites que, en alguns instants el color de la flama indica que la major part de la combustió té lloc a concentració estequiomètrica. Aquest fet va acompanyat d'un augment considerable en la formació de cendres cargolades a la part superior de la proveta, pertorbant la convecció natural dels gasos oxidants i, possiblement, disminuint encara més la velocitat de propagació de la flama. En el Cas 71 la velocitat disminueix tant que s'interromp la propagació de la flama i aquesta s'extingeix abans d'hora.

#### 4.4. Canal tancat

La Taula 4 mostra els experiments realitzats pel cas de propagació amb canal semiobert de 20 mm d'alçada, amb la ID corresponent.

ANGLE 1* (°)	ANGLE 2** (°)	CONCENTRACIÓ D'OXIGEN ( $X_{O_2}$ )											
		22%			25%			30%			50%		
90	0	70	71	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	60	73	74	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	70	76	77	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Taula 4. ID en funció de l'angle d'inclinació i la concentració d'oxigen.  $h = 15$  mm

\*Angle 1 : Angle de la proveta respecte del terra.

\*\* Angle 2 : Angle de la proveta respecte del valor assenyalat pel transportador d'angles de la cambra.

##### 4.4.1. Velocitat de propagació en funció de l'angle d'inclinació

Les velocitats de propagació pels experiments amb flama canalitzada són els següents (Figura 27):

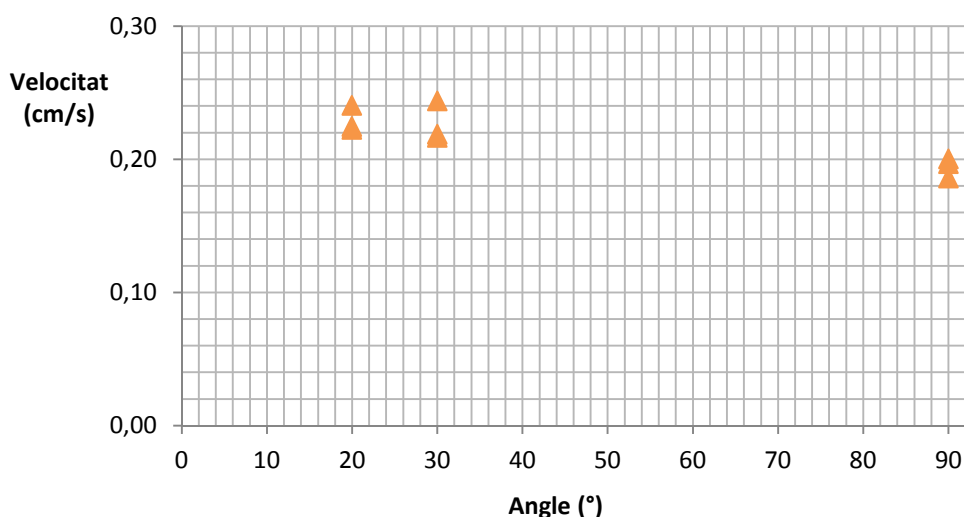


Figura 27. Gràfic Velocitat - Angle pel cas canalitzat a  $X_{O_2} = 22\%$

De la mateixa manera que en el cas semicanalitzat, la velocitat de propagació no varia gaire de 90 a 20 graus. En aquest cas, els resultats a 30° es troben en un rang més gran que a 20°.

##### 4.4.2. Comparació amb els casos anteriors

Comparant els resultats amb la resta de dades a concentració d'oxigen del 22% s'observa com la velocitat de propagació és pràcticament idèntica a la obtinguda en el cas semicanalitzat (Figura 28):

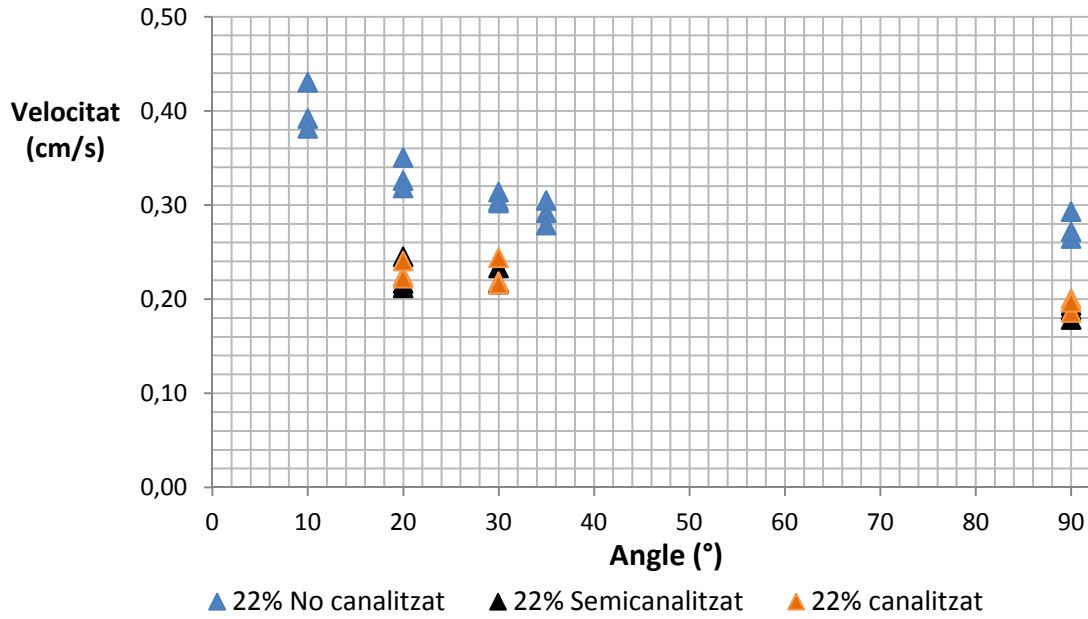


Figura 28 Gràfic Velocitat - Angle comparant el cas de referència amb el cas semicanalitzat a  $X_{O_2} = 22\%$

En aquest cas, a més del flux procedent dels laterals també s'ha impedit l'entrada de gas procedent de la part frontal a la proveta. Per tant, la flama es manté únicament amb el flux d'aire procedent dels extrems de la canalització. Addicionalment, la gravació de l'experiment mostra com el flux circula des de la part inferior de la canalització fins a la part superior, en direcció contrària a l'avanç de la flama.

#### 4.4.3. Longitud de piròlisi

Comparant els resultats de  $L_p$  amb els casos anteriors (Figura 29):

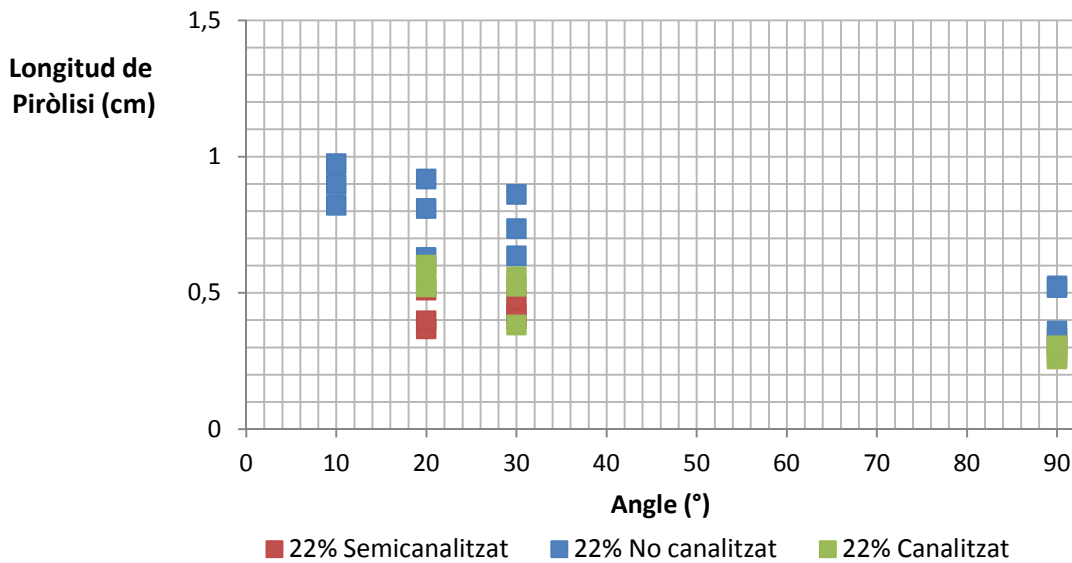


Figura 29. Gràfic  $L_p$  - Angle en funció de la canalització



La longitud de piròlisi és propera a la del cas parcialment canalitzat, sempre inferior al cas no canalitzat.

#### 4.4.4. Altres observacions

La flama s'ha extingit abans d'hora per tots els tres casos d'inclinació a  $90^\circ$  i ho ha fet sempre al mateix punt de la proveta, a la segona meitat del conducte. Tal com s'observa a la Figura 30, la longitud de les cendres generades en aquest cas és molt gran.

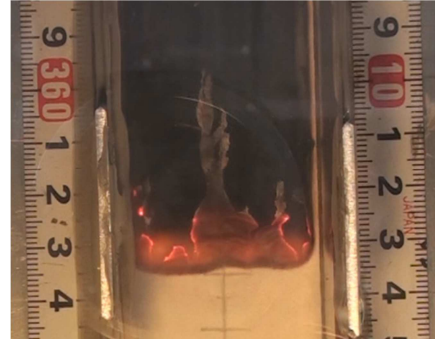


Figura 30. Cendres generades a  $90^\circ$

## 5. CONCLUSIONS

A partir la comparació dels resultats obtinguts en els assajos amb la bibliografia i la resta de treballs previs dedicats a l'estudi de l'efecte 'trench' i de l'efecte de la inclinació en la propagació de la flama, es poden extreure les següents conclusions:

- a) La velocitat de propagació de la flama en combustibles sòlids primis no canalitzats en sentit descendent i a pressió de 1 atm es manté constant al llarg de tot el recorregut. No s'aprecia una disminució de la velocitat deguda a la reducció de l'oxigen disponible a la cambra.
- b) La variació de la inclinació de la proveta influeix en la velocitat de propagació de la flama de tal manera que, per una concentració determinada d'oxigen en l'atmosfera, la velocitat mínima es produeix quan la proveta es troba a un angle de  $90^\circ$  respecte de l'horitzontal, i es manté constant entre  $90^\circ$  i  $35^\circ$ . A menys de  $35^\circ$  la velocitat comença a augmentar, fins arribar al seu punt màxim quan la proveta es troba completament horitzontal.
- c) Com més alta és la concentració d'oxigen en l'atmosfera més important és l'augment de velocitat. En el model teòric la corba de la velocitat en funció de la concentració d'oxigen comença a l'origen de coordenades i va augmentant la velocitat a mesura que incrementa la concentració d'oxigen. En el model experimental, en canvi, la propagació de la flama no s'aconsegueix fins que no hi ha una concentració d'oxigen suficient.
- d) La variabilitat dels resultats també es veu afectada per la inclinació de la proveta i la concentració d'oxigen. A partir de concentracions superiors al 30% la variabilitat dels resultats augmenta a mesura que també ho fa la velocitat de propagació.
- e) La longitud de piròlisi observada és més gran en els casos en que hi ha més concentració d'oxigen. Els resultats experimentals superen en tot moment els valors teòrics, possiblement perquè el model teòric utilitzat no té en compte algunes de les condicions en què s'han realitzat els experiments. S'hauria de replantejar aquest model per poder comparar millor els resultats.
- f) Al contrari que en els estudis de flama ascendent, la canalització de la flama en sentit descendent redueix la velocitat de propagació i, a falta d'obtenir més resultats per a inclinacions inferiors a  $20^\circ$  i concentracions d'oxigen superiors, s'ha observat que la

canalització fa que no es produeixi l'augment de velocitat que en els casos no canalitzats es produïa a menys de 35°.

- g) La formació de cendres influeix en la convecció natural dels gasos, causada principalment per la variació de la densitat entre els gasos escalfats per la combustió i els gasos a temperatura de la cambra.
- h) L'augment de la concentració d'oxigen comporta un creixement de la flama i de les fluctuacions, però també redueix l'aparició de rotlles de cendra. També provoca canvis en la mida de la zona de combustió a concentració estequiomètrica: en els casos amb poca concentració d'oxigen relació entre el combustible i l'oxidant és gairebé sempre estequiomètrica i la flama és ataronjada, mentre que en casos d'elevada concentració d'oxigen apareix una zona lluminosa on la proporció estequiomètrica és superior a 1.

Com s'ha comentat inicialment, tots els experiments s'han realitzat amb un avanç descendent de la flama. Una de les possibles futures vies d'estudi és la velocitat de propagació de la flama en sentit ascendent, pels diferents casos de canalització, inclinació de la proveta i concentració d'oxigen en l'atmosfera. Per fer-ho, no caldria realitzar grans canvis al muntatge actual, ja que la cambra i tots els elements estan fixats per tal de poder-se inclinar més de 90° i que la resistència quedi en un punt inferior a la proveta. Una altra solució, que facilitaria més la feina, seria la instal·lació d'una resistència igual a la que ja hi ha muntada, però al costat oposat de la proveta.

Pel que fa als experiments de flama descendent, els resultats concorden amb les dades obtingudes pels estudis previs i confirmen que hi ha un angle crític a partir del qual el comportament de l'avanç de la flama varia (Yajue Wu et al., 1996) i que l'augment de la velocitat es produeix per angles inferiors a 45 (Laura Pou, 2012) °

## **6. COSTOS D'ESTUDI**

El cost total de l'estudi, amb I.V.A inclòs, suma un total de:

Dos-mil set-cents euros..... 2700,00€

## **7. RELACIÓ DE DOCUMENTS**

A continuació es llisten tots els documents que formen part del projecte:

Document 1:

- Memòria
- Annex A: Documents de seguiment i control
- Annex B: Càlculs
- Annex C: Aparells de mesura
- Annex D: Especificacions dels sistemes
- Annex E: Dades experimentals

Document 2:

- Plànols

Document 3:

- Pressupost
- Annex al pressupost

## 8. BIBLIOGRAFIA

### Llibres

Glassman, Irvin, Richard A. Yetter. *Combustion*. 4a ed. Academic Press, 2008

Quintiere, James. *Fundamentals of fire phenomena*. 1a ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2006.

### Articles

Bhattacharjee, S., et al. (2005). "Opposed-flow flame spread in microgravity-theoretical prediction of spread rate and flammability map". *Proceedings of the Combustion Institute*. 30, 2279-2286.

Bhattacharjee, S., et al. (2011). "Correlating flame geometry in opposed-flow flame spread over thin fuels". *Proceedings of the Combustion Institute*, 33, 2465-2472.

Comas, Bruna i Toni Pujol. (2011). "Experimental Study of the Effects of Side-Edge Burning in the Downward Flame Spread of Thin Solid Fuels". *Combustion Science and Technology*. 184:4, 489-504

Drysdale, David D, A. J. R. Macmillan (1992) "Flame Spread on Inclined Surfaces", *Fire Safety Journal*, 18, 245-254.

Pujol, Toni. (2013). "Analytical Model for the Downward Flame Spread over a Thermally-Thin Fuel into an Opposed Flow". *Combustion Science and Technology*. DOI:10.1080/00102202.2012.759947

Quintiere, James. (2001) "The effects of angular orientation on flame spread over thin materials", *Fire Safety Journal*, 36, 291-312.

Sharples, Jason J., et al. (2010) "The trench effect and eruptive wildfires: lessons from the King's Cross Underground disaster", *Proceedings AFAC 2010*.

Wu, Yajue, i David D. Drysdale. (1996) "Study of upward flame spread on inclined surfaces" , *HSE Contract Research Report No. 122/1996*.

## Material docent i treballs

Brizuela, E., S. D. Romano, *67.30 - Combustión*. Universidad de Buenos Aires, 2003

Ömer L. Gülder. *Fundamentals of combustion*. University of Toronto, 2008

Pou, Laura. "Estudi experimental de la influència de l'angle d'inclinació de la mostra de combustible en la velocitat de propagació de la flama". *Universitat de Girona*, 2012

## Pàgines Web

- [1] *Estació meteorològica*. Grup de Física Ambiental del Departament de Física de la Universitat de Girona. 25 Juny 2013.  
<http://www.udg.edu/grupsrecerca/Fisicaambiental/Estaciometeorologica/tabid/14749/language/es-ES/Default.aspx>
- [2] *El temps a Girona*. Pluriversal. 25 Juny 2013. <http://www.pluriversal.com/temps-girona/>
- [3] *Thermocouple 101 Whiteboard Series*, Analog Devices Inc., 25 Juny 2013.  
<http://www.youtube.com/playlist?list=PL36A224E609F3F7C9>
- [4] *NIST > Calibrations > Thermocouples, Thermocouple Materials, Thermometer Indicators*, National Institute of Standards and Technology (NIST), 25 Juny 2013.  
<http://www.nist.gov/calibrations/thermocouples.cfm>
- [5] *NIST ITS-90 Thermocouple Database*, National Institute of Standards and Technology (NIST), 25 Juny 2013. [http://srdata.nist.gov/its90/main/its90\\_main\\_page.html](http://srdata.nist.gov/its90/main/its90_main_page.html)
- [6] *What is common mode noise?*, VTI Instruments Knowledge Base, 25 Juny 2013.  
<http://www.vtiinstruments.com/SupportBx4Qans.aspx?FaQID=130>
- [7] *Unsheathed Fine Gage Microtemp Thermocouples, J, K, T, E, R & S*, Omega Engineering Inc., 25 Juny 2013. [http://www.omega.com/pptst/IRCO\\_CHAL\\_P13R\\_P10R.html](http://www.omega.com/pptst/IRCO_CHAL_P13R_P10R.html)

## ANNEX A: DOCUMENTS DE SEGUIMENTS I CONTROL

### A.1. Full de càlcul

Durant la realització de cada experiment s'ha emplenat el full de càlcul de la Figura 31 per tal de calcular les quantitats d'oxigen i de nitrogen que cal introduir a la mescla, anotar els valors de pressió que realment s'han assolit i controlar altres paràmetres i processos del procés de preparació de la mescla comentat en l'apartat 3.3 de la Memòria. El full de càlcul es troba dividit en diversos apartats:

<b>EXPERIMENTS a 1 bar</b>		<b>N = 1</b>	
Pressió experiment:		1 bar	
<b>DADES ESTACIÓ METEOROLÒGICA</b>			
Temperatura	°C		
Humitat relativa	%		
Pambient	mbar		
<b>CONCENTRACIÓ O2 OBJECTIU</b>			
Xo2	(%)		
<b>PRESSIONS OBTINGUDES</b>			
Buit obtingut	mbar relativa		
Pressió O2:	mbar relativa		
Pressió N2:	mbar relativa		
<b>BUIT MÍNIM A ASSOLIR</b>			
Buit mínim:	mbar absoluta		
Buit mínim:	mbar relativa		
<b>PRESSIONS A ASSOLIR</b>			
Pressió O2:	mbar absoluta		
Pressió O2:	mbar relativa		
Pressió N2:	mbar relativa		
<b>CONCENTRACIÓ FINAL :</b>			
Quantitat aire residual:	mbar		
Pressió parcial vapor d'aigua:	mbar		
Quantitat oxigen aire residual:	mbar		
Quantitat total oxigen cambra:	mbar		
<b>RECORDEU</b>	<b>En blau: dades a entrar</b>		
	<b>En verd: pressions realment assolides (s'han d'entrar)</b>		
	<b>En groc: dades objectiu</b>		
	<b>En vermell: concentració O2 realment assolida:</b>		
	Quantitat vapor d'aigua final:		
		Fet (S/N) (marcar si (S) o no (N))	
<b>IMPORTANT</b> =====>	Temps de ventilador	2 min	
	Temps en repòs abans d'ignició	3 min	
P reduida =			
P real =			

Figura 31. Full de càlcul

#### A.1.1. Dades estació meteorològica

En aquest apartat s'hi introdueixen les dades de temperatura, humitat relativa i pressió ambient proporcionades per una de les dues estacions meteorològiques disponibles:

- L' estació meteorològica ubicada al terrat de l'edifici EP-II de l'escola politècnica superior i gestionada pel Grup de Física Ambiental del Departament de Física de la Universitat de Girona. Les dades de pressió corresponen a la pressió real, que és la que s'introdueix directament al full de càlcul.



- b) L'estació meteorològica de la pàgina web de Pluriversal [2]. Les dades de pressió subministrades corresponen a la pressió reduïda al nivell del mar. Per poder-les introduir al full s'han de convertir a la pressió real fent servir la casella que hi ha a la part inferior del full de càlcul.

### A.1.2. Buit mínim i pressió a assolir

Un cop introduïdes les dades de l'estació meteorològica i seleccionada la concentració d'oxigen que es vol obtenir, en aquest apartat hi apareixen els valors de pressió que cal assolir a l'hora de fer el buit i a l'hora d'introduir els gasos. El valor de buit és el valor mínim per assegurar que l'error en la concentració és del 0.025%. Les pressions a assolir no són definitives, ja que depenen del buit que s'assoleixi posteriorment.

### A.1.3. Buit i pressions obtingudes

En aquest apartat cal copiar-hi les dades de l'apartat E.1.2. Després d'anotar el buit obtingut, cal tornar a mirar el valor de les pressions a assolir, ja que haurà variat.

## A.2. Full de seguiment

<b>EXPERIMENT No:</b>	<b>Nom arxiu:</b>	<b>Data</b>
<b>Amplada paper (cm):</b>	<b>Nombre de papers:</b>	<b>Angle:</b>
<b>Concentració O<sub>2</sub> objectiu X<sub>O<sub>2</sub></sub> =</b> %	<b>Pressions obtingudes</b>	
<b>Dades estació meteorològica</b>	Buit obtingut =	/ mbar (relativa)
Temperatura (°C) =	Pressió O <sub>2</sub> =	/ mbar (relativa)
Humitat relativa (%) =	Pressió final =	/ mbar (relativa)
P ambient (mbar) =	<b>Concentració O<sub>2</sub> final =</b>	
Una vegada s'hagi arribat a la pressió final:	Temperatura cambra =	
<b>TEMPS VENTILADOR EN FUNCIONAMENT:</b>	2 minuts (marcar amb una X quan fet aquí =>)	
<b>TEMPS EN REPÒS ABANS IGNICIÓ:</b>	3 minuts (marcar amb una X quan fet aquí =>)	

Figura 32. Full de seguiment

Els full de seguiment recull les mateixes dades que el full de càlcul, i s'emplena al mateix moment que aquest, a mà.

## ANNEX B: CÀLCULS

### B.1. Criteri per a la classificació de combustibles sòlids en prims o gruixuts

Un sòlid es pot considerar prim si la longitud característica del sòlid ( $L_s$ ) és superior a la meitat del gruix de la proveta ( $\tau$ ). En aquest cas, el sòlid s'escalfarà de manera uniforme al llarg de tot el seu gruix (Bhattacharjee et al., 2005). En cas contrari, el sòlid es considerarà gruixut.

La longitud característica es pot calcular a partir de l'equació (1):

$$L_s = \sqrt{\frac{\alpha_s \cdot \alpha_g}{v_f \cdot v_r}} \quad (1)$$

On

$\alpha_s \equiv$  difusivitat tèrmica del sòlid, en  $m^2/s$

$\alpha_g \equiv$  difusivitat tèrmica del gas, en  $m^2/s$

$v_f \equiv$  velocitat absoluta de propagació de la flama, en m/s

$v_r \equiv$  velocitat relativa de propagació de la flama, en m/s

La velocitat relativa correspon a la suma de la velocitat absoluta de la flama i la velocitat del gas, ( $v_g$ ).

En primer lloc, per calcular les difusivitats s'utilitzen les fórmules (2) i (3), a partir de la conductivitat ( $\lambda$ ), la densitat ( $\rho$ ) i la calor específica ( $c$ ), del sòlid i del gas, respectivament.

$$\alpha_g = \frac{\lambda_g}{\rho_g \cdot c_g} \quad \alpha_s = \frac{\lambda_s}{\rho_s \cdot c_s} \quad (2) \text{ i } (3)$$

Pel cas del sòlid, els tres paràmetres varien en funció de la temperatura. La Taula 5 recull els valors a una temperatura de 293°K (Toni Pujol, 2013):

$\lambda_s$ (W/m K)	$\rho_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_s$ (J/kg)	$\alpha_s$ (m <sup>2</sup> /s)
0,101	462	1180	<b>1,8527E-07</b>

Taula 5. Valors de  $\lambda_s$ ,  $\rho_s$  i  $c_s$  a 293°K i la  $\alpha_s$  resultant

En el cas del gas, a més, cal tenir en compte que, en el cas estudiat, s'observen diversos casos amb diferent proporció d'oxigen ( $O_2$ ) i de nitrogen ( $N_2$ ). Es pren la temperatura de piròlisi ( $T_p$ ) com la temperatura constant de vaporització ( $T_v$ ). Els valors, extrets de les diferents taules per a diferents concentracions, a una temperatura de piròlisi de 624°K (Toni Pujol, 2013) són els de la Taula 6:

$X_{O_2}$ (%)	$\lambda_g$ (W/m K)	$\rho_g$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_g$ (J/kg)	$\alpha_g$ (m <sup>2</sup> /s)
0,22	0,55687	0,04683	1067,37246	<b>7,8787E-05</b>
0,25	0,55918	0,04692	1065,17553	<b>7,8774E-05</b>
0,3	0,56302	0,04707	1061,55394	<b>7,8755E-05</b>
0,5	0,57838	0,04767	1047,54861	<b>7,8679E-05</b>
1	0,61679	0,04918	1015,58782	<b>7,8512E-05</b>

Taula 6. Valors de  $\lambda_g$ ,  $\rho_g$  i  $c_g$  a 624°K i la  $\alpha_s$  resultant

La velocitat de propagació de la flama es pot obtenir a partir de la fórmula (4), coneguda com a fórmula de 'de Ris' (Bhattacharjee et al., 2011):

$$v_f = \frac{\lambda_g(T_f - T_v)}{c_s \cdot \rho_s \cdot \tau \cdot (T_v - T_\infty)} \cdot \frac{\pi}{4} \quad (4)$$

On:

$T_f \equiv$  Temperatura característica de la flama adiabàtica, en °K

$T_\infty \equiv$  Temperatura ambient, en °K

$\tau \equiv$  Meitat del gruix de la proveta.  $\tau = 9,35 \times 10^{-5}m$

La temperatura ambient escollida per als càlculs és de 15°C, és a dir, 288°K (Toni Pujol, 2013).

La fórmula que permet calcular la temperatura de la flama és la definida per l'expressió (5) (Bruna Comas et al. 2012) :

$$T_f = T_\infty + \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{Y_{O_2}}{r}}\right) \cdot \left[T_v - T_\infty + \frac{1}{C_f}(Q_a - Q_v)\right] \quad (5)$$

On:

$Q_{COMB} \equiv$  Calor de combustió  $\rightarrow 1,674 \times 10^7$  J/kg

$Q_{VAP} \equiv$  Calor de vaporització  $\rightarrow -753 \times 10^3$  J/kg

$r \equiv$  raó estequiomètrica oxigen/fuel  $\rightarrow r = 0,844$

$Y_{O_2} \equiv$  concentració màssica d'oxigen

La concentració màssica d'oxigen ( $Y_{O_2}$ ) s'obté a partir de la concentració volumètrica ( $X_{O_2}$ ) i la massa molecular de l' $O_2$  i el  $N_2$ , que és de 32 i 28u respectivament.

Pel que fa a la velocitat del gas,  $v_g$ , el valor per una concentració d'oxigen del 21% correspon a 0,3m/s. Per qualsevol altra concentració d'oxigen s'utilitza l'equació (6):

$$v_{g(O_2)} = v_{g(O_2=21\%)} \cdot \left[ \frac{\alpha_g(T_f - T_\infty)}{\alpha_{g(O_2=21\%)}(T_{f(O_2=21\%)} - T_\infty)} \right]^{1/3} \quad (6)$$

La Taula 7 mostra els resultats de obtinguts temperatura, velocitat i, finalment, la longitud característica del sòlid en funció de la concentració d'oxigen.

$X_{O_2}$ (%)	$T_f$ (°K)	$v_g$ (m/s)	$v_r$ (m/s)	$L_s$ (m)
0,22	2901,29	0,3	0,304	<b>9,849E-05</b>
0,25	3186,33	0,310	0,316	<b>9,111E-05</b>
0,3	3632,78	0,325	0,332	<b>8,188E-05</b>
0,5	5131,32	0,3683	0,378	<b>6,228E-05</b>
1	7651,85	0,4232	0,439	<b>4,554E-05</b>

Taula 7. Valors de  $T_f$ ,  $v_g$ ,  $v_r$  i la  $L_s$  resultant

Comparant els resultats de longitud característica obtinguts amb  $\tau$  s'observa que només en el cas amb concentració del 22% es pot considerar que el sòlid és prim. Un dels motius d'aquest resultat és la temperatura de vaporització escollida; s'ha agafat la temperatura de piròlisi, que és molt inferior a la temperatura de la flama, especialment a elevades concentracions d'oxigen. Si en comptes d'utilitzar la temperatura de piròlisi es fa servir la mitjana entre  $T_f$  i  $T_p$ , llavors tots els casos donen com a resultat que la proveta es pot considerar prima (Taula 8).

$X_{O_2}$ (%)	$\lambda_g$ (W/m K)	$\rho_g$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_g$ (J/kg)	$\alpha_g$ (m <sup>2</sup> /s)	$T_f$ (°K)	$v_g$ (m/s)	$v_r$ (m/s)	$L_s$ (m)
0,22	0,1019	0,1971	1242,03	4,16E-04	2901,29	0,3	0,3049	<b>0,000226</b>
0,25	0,1085	0,1831	1241,29	4,78E-04	3186,33	0,3250	0,3306	<b>0,000219</b>
0,3	0,1190	0,1650	1241,74	5,81E-04	3632,78	0,3639	0,3704	<b>0,000210</b>
0,5	0,1552	0,1254	1278,65	9,68E-04	5131,32	0,4881	0,4981	<b>0,000190</b>
1	0,1705	0,1282	1315,95	1,01E-03	7651,85	0,5693	0,5853	<b>0,000141</b>

Taula 8. Valors de  $T_f$ ,  $v_g$ ,  $v_r$  i la  $L_s$  resultant per  $T_v \neq T_p$

## B.2. Càlcul de la longitud de piròlisi ( $L_p$ ) i altres característiques geomètriques de la flama.

A continuació es mostra el càlcul per als diferents paràmetres geomètrics que caracteritzen la flama durant la seva propagació en sentit oposat al flux (Figura 33), és a dir, la flama avança en sentit oposat al flux de gas oxidant que es desplaça per convecció natural (Bhattacharjee et al., 2011).

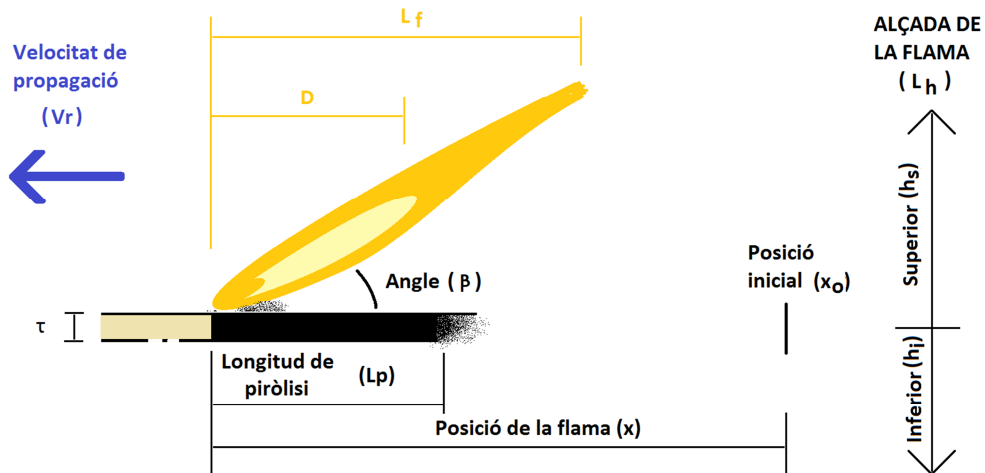


Figura 33. Esquema dels paràmetres en la propagació de la flama

$L_f \equiv$  Longitud de la flama

$L_p \equiv$  Longitud de piròlisi

$L_h \equiv$  Alçada de la flama

Les equacions (7), (8) i (9) pel càlcul d'aquests paràmetres (Bhattacharjee et al., 2011) utilitzen els resultats de l'apartat B.1 pel cas en què  $T_v = T_p$  i són les següents:

$$L_h = \frac{1}{5} \cdot \frac{F}{Y_{O_2}} \cdot L_g \quad (7)$$

$$L_f = 0,0345 \cdot \left( \frac{F}{Y_{O_2}} \right)^2 \cdot L_g \quad (8)$$

$$L_p = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q_{VAP} \cdot F}{C_s \cdot (T_v - T_\infty)} \cdot L_g \quad (9)$$

On  $F$  és una constant de la flama, i es calcula a partir de (10):

$$F = \frac{T_f - T_v}{T_v - T_\infty} \quad (10)$$

Els resultats es mostren a la Taula 9:

$X_{O_2}$ (%)	$Y_{O_2}$ (%)	$F$	$L_h$ (m)	$L_f$ (m)	$L_p$ (m)
0,22	0,24367	6,77765997	<b>1,44E-03</b>	<b>6,90E-03</b>	<b>1,66E-03</b>
0,25	0,27576	7,62598367	<b>1,38E-03</b>	<b>6,58E-03</b>	<b>1,80E-03</b>
0,3	0,32865	8,95471606	<b>1,29E-03</b>	<b>6,07E-03</b>	<b>2,02E-03</b>
0,5	0,5332	13,4146571	<b>1,05E-03</b>	<b>4,54E-03</b>	<b>2,65E-03</b>
1	1	20,9162225	<b>7,48E-04</b>	<b>2,70E-03</b>	<b>3,55E-03</b>

Taula 9. Valors de  $Y_{O_2}$  i  $F$  i valors resultants de  $L_h$ ,  $L_f$  i  $L_p$

### B.3. Càlcul de l'error

#### B.3.1. Error en la regressió lineal de la velocitat d'avanç de la flama

L'error  $\Delta b$  comès a l'hora de fer la regressió lineal a partir de les dades de posició i temps obtingudes experimentalment es pot estimar a partir de l'equació (11)

$$\Delta b = \sqrt{\frac{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad (11)$$

On  $b$  correspon al pendent de la recta de regressió lineal, i la velocitat final serà la suma de  $b$  i la variació de  $b$  deguda a l'error.

Prenent els valors d'un cas qualsevol, com per exemple el Cas 35 (Veure Taula 1 de l'apartat 4.2 de la memòria), l'error en la regressió lineal és:

$$\Delta b = 0.00245177 \text{ cm/s}$$

Una altra manera de visualitzar l'error consisteix representar la variable independent ( $x$ ) en funció de la variable dependent ( $v$ ) i calcular la inversa del pendent obtingut amb aquesta segona regressió lineal. Aplicant aquest procediment al Cas 35:

$$\frac{1}{b'} = \frac{1}{1.0245} = 0.97608 \rightarrow \Delta b = 0.97608 - 0.97585 = 0.002319 \text{ cm/s}$$

#### B.4. Càlcul del volum de gasos consumit

El volum d'oxigen i de nitrogen consumit per a cada experiment es pot calcular a partir del volum de la cambra de combustió i de la concentració de gasos que s'hi introdueixen.

Sabent que el diàmetre interior de la cambra és de 0.3 m i la longitud és de 0.6 m, llavors el volum aproximat de l'interior de la cambra és, menyspreant el volum ocupat per la resta d'elements, de  $0.0424 \text{ m}^3$

Els valors de concentració ( $X_{O_2}$  i  $X_{N_2}$ ) són percentatges de volum, i els experiments s'han realitzat a 1atm de pressió. Aleshores, per conèixer el volum de gas consumit per a cada cas, cal aplicar les fórmules (12) i (13):

$$V_{O_2} = X_{O_2} \cdot V_{CAMBRA} \quad (12)$$

$$V_{N_2} = X_{N_2} \cdot V_{CAMBRA} = V_{CAMBRA} - V_{O_2} \quad (13)$$

Els valors per a cada una de les concentracions estudiades és el següent (Taula 10):

	Concentració d'oxigen ( $X_{O_2}$ )				
	22%	25%	30%	50%	100%
$V_{O_2} (\text{m}^3)$	0,0093	0,0106	0,0127	0,0212	0,0424
$V_{N_2} (\text{m}^3)$	0,0330	0,0318	0,0296	0,0212	0

Taula 10. Volums d'oxigen i nitrogen utilitzats en funció de la concentració

S'han fet 33, 12, 15, 15 i 5 experiments a 22, 25, 30, 50 i 100% d'oxigen, respectivament. Sumant el volum consumit en cada un dels experiments, el volum total és (Taula 11):

	$O_2$	$N_2$
CONSUM	$1,1561 \text{ m}^3$	$2,2367 \text{ m}^3$

Taula 11. Consum total d'oxigen i de nitrogen

### B.5. Càlcul de l'increment mínim de velocitat i la variabilitat mínima

Per una banda, per quantificar l'increment de velocitat deguda a la variació de l'angle es compararà la velocitat mitjana de la inclinació corresponent amb la velocitat mitjana de la flama a 90° d'inclinació, a concentració d'oxigen constant (Figura 34).

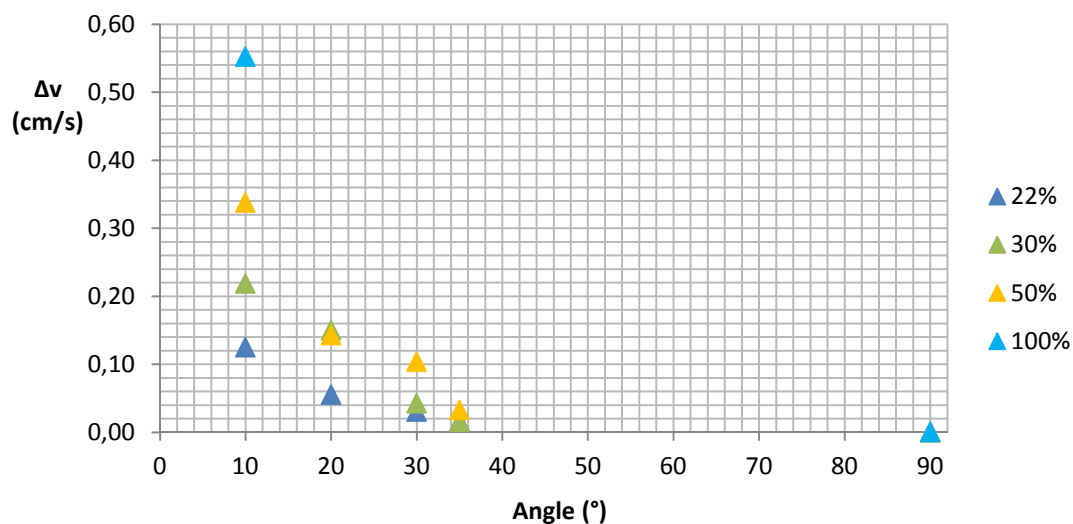


Figura 34. Increment de la velocitat mitjana respecte la velocitat mitjana a 90°.

S'agafarà com a criteri que la variació de velocitat serà important quan superi els 0,10 cm/s.

Per altra banda, per quantificar la variabilitat que poden prendre els resultats de tres experiments d'un mateix cas es compararà el rang, és a dir, la diferència entre el valor màxim i el mínim, amb la velocitat mitjana que proporcionen els tres valors.

La Taula 12 i el gràfic de la Figura 35 mostren els valors de variabilitat a partir dels resultats experimentals.

	Angle d'inclinació ( ° )				
	10°	20°	30°	35°	90°
<b>Rang (cm/s)</b>	0,1571	0,1503	0,0051	0,0270	0,0096
<b><math>V_{mitja}</math> (cm/s)</b>	0,7313	0,6627	0,5554	0,5280	0,5129
<b><math>Rang/V_{mitja}</math></b>	0,2148	0,2268	0,0092	0,0511	0,0187

Taula 12. Variabilitat respecte de la velocitat mitjana, per  $X_{O_2} = 30\%$



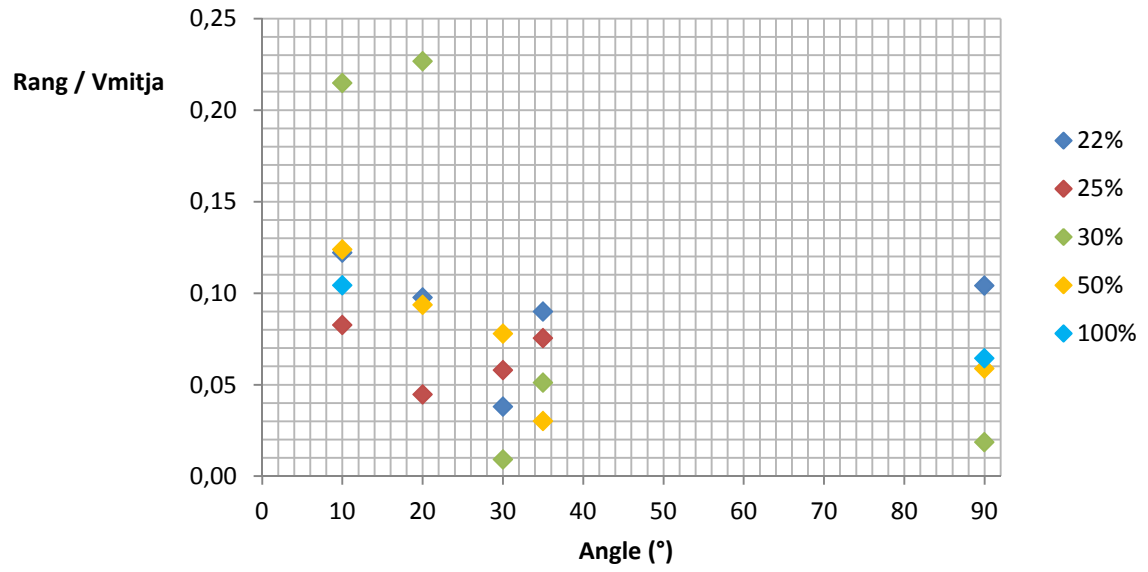


Figura 35. Variabilitat respecte de la velocitat mitjana. Cas no canalitzat

Es considerarà que la variabilitat comença a ser important quan  $R/V_m$  estigui al voltant del 10%

## ANNEX C: APARELLS DE MESURA

### C.1 Manòmetre



Figura 36. Manòmetre

<b>MODEL</b>	<b>CPG 1000</b>
<b>Precisió</b>	0,1% del valor final d'escala
<b>Rang de temperatura</b>	0 – 50°C
<b>Freqüència de mesura</b>	de 0.5 a 10 mesures per segon, ajustable
<b>Rang de mesura</b>	-1 a +1 bar
<b>Límit de pressió de sobrecàrrega</b>	4 bar
<b>Resolució</b>	0,0001 bar
<b>Tipus de pressió</b>	pressió relativa , pressió absoluta (fins a 20 bar abs)

#### C.1.1 Transportador d'angles

El transportador d'angles soldat a la cambra pot mesurar una inclinació des de 0 fins a 180°, on el zero correspon a un angle de 90° de la proveta respecte del terra, amb un avanç descendent de la flama. A 90° la proveta es troba en posició horitzontal, paral·lela al terra. A 180°, la cambra està perpendicular al terra, però en aquest cas l'avanç de la flama seria descendent. La precisió del transportador és d'un grau.



Figura 37. Transportador d'angles

## C.1.2 Termoparell

### C.2.2.1 Introducció

Un termoparell és un sensor de temperatura format per dos materials conductors diferents units en un punt, que s'anomena unió de mesura i que serà el punt que entrarà en contacte directe amb el medi que es vol mesurar (Figura 38).



Figura 38. Esquema d'un termoparell

La diferència de potencial entre els dos fils generada a causa d'una variació de temperatura assolida a la unió de mesura correspon a l'increment de temperatura a mesurar. Si es col·loca un altre sensor, com per exemple un termistor, a la junta de referència, en contacte amb la zona a temperatura ambient, llavors s'aconsegueix mesurar temperatures absolutes [3].

Existeixen diferents tipus de termoparells. En funció dels materials conductors utilitzats, cada tipus permet mesurar un rang determinat de temperatures. El *'National Institute of Standards and Technology'* (NIST) [4] proporciona informació de cada tipus de termoparell i també ofereix les taules de voltatge en funció de la temperatura per al calibratge dels termoparells, prenent com a referència una temperatura de 0°C [5].

### C.2.2.2. Termoparell escollit: característiques i muntatge

Es disposa de tres tipus de termoparells diferents adequats a la mesura de temperatures durant la propagació de la flama (Figura 39).

Els dos primers són de tipus B. Com a factor important, cal destacar que entre 0 i 250°C la diferència de potencial que entreguen és molt baixa (de 0 a 0,291mV [5]). Per aquest motiu, la lectura d'aquest tipus de termoparells només es fa per temperatures superiors als 250°C.

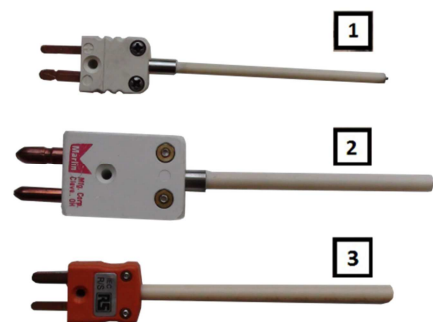


Figura 39. Termoparells tipus B (1) i (2), i S (3)

El segon és un termoparell de tipus S. Està format per dos fils, un de platí i l'altre d'un aliatge 90% platí i 10% rodi. Correspon al primer element de la Taula 13, proporcionada pel fabricant [7], amb un gruix de 0.025mm. El fet que el fil sigui el més prim dels disponibles fa que la resposta del termoparell sigui molt més ràpida.

Calibration	Wire Dia. mm (in)	Model Number
<b>S</b> Pt/10%Rh- Pt	0.025 (0.001)	P10R-001
	0.050 (0.002)	P10R-002
	0.075 (0.003)	P10R-003
	0.125 (0.005)	P10R-005
	0.20 (0.008)	P10R-008
	0.25 (0.010)	P10R-010
	0.38 (0.015)	P10R-015
	0.50 (0.020)	P10R-020
	0.81 (0.032)	P10R-032

Taula 13. Gruixos de termoparells tipus S

El procediment seguit per al muntatge del termoparell tipus S és el següent (Figura 40):

1 – Introduir els dos fils de metall exòtic per dos orificis d'un tub ceràmic.



2 – Col·locar els extrems del fil en un terminal de connexió.



3 - Tibar el fil de manera que només sobresurti la unió dels dos fils a l'extrem del tub ceràmic, i collar tots els elements del terminal de connexió per finalitzar el muntatge.



Figura 40. Muntatge d'un termoparell

### C.2.2.3. Mesura i adquisició de dades

Cal tenir present que el senyal proporcionat pel termoparell és molt baix, de l'ordre de micro-volts. Això suposa una dificultat a l'hora de realitzar-ne la lectura. En primer lloc, cal utilitzar un amplificador instrumental [3], per tal d'amplificar la senyal i alhora rebutjar les interferències que es produeixen en els dos fils conductors i que alteren el voltatge final, interferències que es coneixen com a soroll en mode comú [6]. També caldrà filtrar la senyal, utilitzar cables compensats i que la longitud del circuit sigui el mínim possible per evitar el soroll.

També cal saber que el senyal no és completament lineal, i per tant s'ha de calcular l'error de la mesura, que varia en funció del termoparell, per compensar aquesta no-linealitat. Això es pot fer de diferents maneres, una d'elles és a partir de les taules proporcionades pel propi fabricant o per el NIST

El dispositiu escollit per fer la lectura, en el cas de la cambra de combustió, és un NI 9213, un mòdul de la casa National Instruments, que ja incorpora tots els elements necessaris per amplificar i filtrar el senyal del termoparell, enviant les dades obtingudes a un ordinador.

El mateix fabricant ofereix el software necessari per interpretar les dades del mòdul i obtenir els gràfics de temperatura.

### C.1.3. Calibratge dels miralls per a la mesura de l'alçada de la flama

Per tal d'ajustar correctament els miralls i alhora saber l'alçada de flama que permeten observar, s'ha utilitzat una proveta mil·limetrada de tres dimensions, com la de la Figura 41, col·locada en el suport de la cambra. Un cop collades les femelles del suport pels miralls, a partir de la imatge reflectida en els miralls s'han realitzat unes marques verticals en una làmina de plàstic transparent que posteriorment s'ha col·locat a sobre dels miralls. D'aquesta manera, l'alçada de la flama es mesurarà a partir de la marca on arribi aquesta.

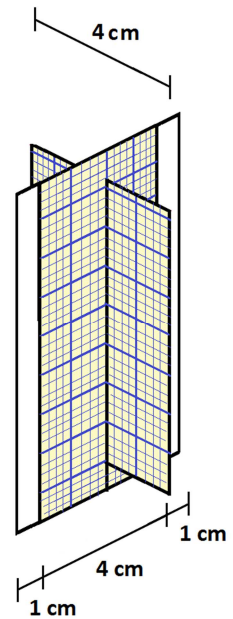


Figura 41. Proveta mil·limetrada de calibratge

**ANNEX D: ESPECIFICACIONS DELS SISTEMES****D.1. Gasos****D.1.1. Oxigen****FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD****Producto: OXÍGENO COMPRIMIDO**

Version: 13

Fecha: 17/02/2009

Nº FDS: 097A

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA Y DE****LA EMPRESA****Fórmula química:**O<sub>2</sub>**Uso de la sustancia o preparado:**

\* Uso universal.

**Identificación de la empresa:**

\* PRAXAIR ESPAÑA, S. L.

c/Orense, 11-5º

28020 - Madrid

**Teléfono de emergencia en instalaciones:**

\* 91 775 23 14

**Teléfono de emergencia en gases especiales:**

\* 91 786 34 32

**2. COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN DE LOS****COMPONENTES****Sustancia o mezcla:**

\* Sustancia

**Componentes e impurezas:**

\* No contiene otros componentes o impurezas que puedan modificar la clasificación del producto.

**Nº CAS:**

7782-44-7

**Nº CE (según EINECS):**

231-956-9

**3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS****Riesgos para las personas:**

\* Gas comprimido a alta presión.

\* Gas oxidante. Mantiene la combustión vigorosamente. Puede reaccionar violentamente con materias combustibles.

**Riesgos para el medio ambiente:**

\* No aplicable.

**4. PRIMEROS AUXILIOS****Inhalación:**

\* La inhalación continua de concentraciones superiores al 75 % puede causar náuseas, vértigos, dificultades respiratorias y convulsiones.

**Contacto con la piel y los ojos:**

\* Sin efectos para la piel y los ojos.

**Ingestión:**

\* La ingestión no está considerada como vía potencial de exposición.

**Información para el médico:**

\* No aplicable.

**5. MEDIDAS CONTRA INCENDIOS****Riesgos específicos:**

\* Gas comburente. Mantiene la combustión.

\* La exposición al fuego de los recipientes puede causar su rotura o explosión.

**Medios de extinción adecuados:**

\* Se pueden utilizar todos los agentes extintores conocidos.

**Medios específicos de actuación:**

\* Si es posible detener la fuga de producto.

\* Secar los recipientes al exterior y enfriarlos con agua pulverizada desde un lugar seguro.

**Equipo de protección especial para la actuación en incendios:**

\* No específicos por el producto.

**6. MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE ESCAPE O****VERTIDO ACCIDENTAL****Precauciones personales:**

\* Evacuar el área afectada.

\* Asegurar la adecuada ventilación en el área.

\* Eliminar las fuentes de ignición.

**Medidas a tomar en el área afectada:**

\* Intentar detener el escape.

\* Prevenir la entrada del producto en las alcantarillas, sótanos, fosos de trabajo o cualquier otro lugar donde su acumulación pudiera ser peligrosa.

**Métodos de limpieza:**

\* Ventilar el área afectada.

**Precauciones para la protección del medio ambiente:**

\* No aplicable.

**7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO****Manipulación:**

\* Utilizar únicamente equipo específicamente aprobado para este producto y para la presión y temperatura de utilización. En caso de duda contacte con el suministrador.

\* No permitir el retroceso de sustancias hacia el interior del recipiente.

\* Debe prevenirse la entrada de agua al interior de los recipientes.

\* No usar grasas ni aceites.

\* Abrir las válvulas lentamente y cerrarlas cuando no utilice el producto.

\* Solicitar al suministrador las instrucciones para la manipulación de los recipientes.

**Almacenamiento:**

\* Separar de los gases inflamables y de otros materiales combustibles.

\* Mantener lejos de fuentes de ignición, incluso de descargas de electricidad estática.

\* Mantener los recipientes por debajo de 50º C, en un lugar bien ventilado.

**Usos específicos:**

\* Uso universal.

**8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y EQUIPO DE****PROTECCIÓN PERSONAL****Valores límites de exposición:**

\* No establecidos.

**Controles de la exposición profesional:**

\* No fumar cuando se manipule el producto.

\* Asegurar una ventilación adecuada, en especial si trabaja en lugares confinados.

\* Evitar el enriquecimiento de oxígeno en la atmósfera por encima del 23,5 %.

\* Llevar el equipo de protección individual adecuado.

\* Llevar gafas con oculares filtrantes cuando se utilice en soldadura o corte.

**Controles de la exposición del medio ambiente:**

\* No aplicable.

**9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS****Estado físico:**

\* Gas comprimido.

**Peso molecular:**

32

**Temperatura de fusión:**

-218,79º C

**Temperatura de ebullición:**

-182,97º C

**Temperatura crítica:**

-118,57º C

**Presión crítica:**

50,43 bar

**Densidad relativa del gas (aire=1):**

1,1 a 20º C

**Densidad relativa del líquido (agua=1):**

1,14 a -182,97º C



**RESPONSIBLE CARE**  
El Compromiso de la Industria Química  
con el Desarrollo Sostenible

## D.1.2. Nitrogen

**FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD****Producto: NITROGENO COMPRIMIDO**

Version: 7

Fecha: 20/10/2005

Nº FDS: 089A

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA Y DE****LA EMPRESA**

Fórmula química:

N<sub>2</sub>

Uso de la sustancia o preparado:

\* Uso universal.

Identificación de la empresa:

\* PRAXAIR ESPAÑA, S. L.

c/Orense, 11-5º

28020 - Madrid

Teléfono de emergencia en transporte de líquido:

\* 91 597 44 53

Teléfono de emergencia en instalaciones:

\* 91 775 23 14

Teléfono de emergencia en gases especiales:

\* 91 786 34 32

**2. COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN DE LOS****COMPONENTES**

Sustancia o mezcla:

\* Sustancia

Componentes e impurezas:

\* No contiene otros componentes o impurezas que puedan modificar la clasificación del producto.

Nº CAS:

7727-37-9

Nº CE (según EINECS):

231-783-9

**3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS**

Riesgos para las personas:

\* Gas comprimido a alta presión.

\* Puede causar asfixia en altas concentraciones por desplazamiento del aire.

Riesgos para el medio ambiente:

\* No aplicable.

**4. PRIMEROS AUXILIOS**

Inhalación:

\* A elevadas concentraciones puede causar asfixia por desplazamiento del aire. Los síntomas pueden incluir la pérdida de consciencia o movilidad. La víctima puede no haberse dado cuenta de que se asfixia.

\* Retirar a la víctima a una zona no contaminada llevando colocado un equipo de respiración autónomo de presión positiva.

\* Mantener a la víctima caliente y en reposo.

\* Aplicarle la respiración artificial, si es preciso.

\* Obtener asistencia médica.

Contacto con la piel y los ojos:

\* Sin efectos para la piel y los ojos.

Ingestión:

\* La ingestión no está considerada como vía potencial de exposición.

Información para el médico:

\* No aplicable.

**5. MEDIDAS CONTRA INCENDIOS**

Riesgos específicos:

\* Gas no inflamable.

\* La exposición al fuego de los recipientes puede causar su rotura o explosión.

Productos peligrosos de la combustión:

\* Ninguno.

Medios de extinción adecuados:

\* Se pueden utilizar todos los agentes extintores conocidos.

Medios específicos de actuación:

\* Si es posible detener la fuga de producto.

\* Sacar los recipientes al exterior y enfriarlos con agua pulverizada desde un lugar seguro.

**Equipo de protección especial para la actuación en incendios:**

\* No específicos por el producto.

**6. MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE ESCAPE O VERTIDO ACCIDENTAL**

Precauciones personales:

\* Evacuar el área afectada.

\* Asegurar la adecuada ventilación en el área.

\* Utilizar equipo autónomo de respiración de presión positiva cuando se entre en una zona contaminada, a menos que se compruebe que la atmósfera es respirable.

Medidas a tomar en el área afectada:

\* Intentar detener el escape.

Métodos de limpieza:

\* Ventilar el área afectada.

Precauciones para la protección del medio ambiente:

\* No aplicable.

**7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO**

Manipulación:

\* Utilizar únicamente equipo específicamente aprobado para este producto y para la presión y temperatura de utilización. En caso de duda contacte con el suministrador.

\* No permitir el retroceso de sustancias hacia el interior del recipiente.

\* Debe prevenirse la entrada de agua al interior de los recipientes.

\* Abrir las válvulas lentamente y cerrarlas cuando no utilice el producto.

\* Solicitar al suministrador las instrucciones para la manipulación de los recipientes.

Almacenamiento:

\* Mantener los recipientes por debajo de 50º C, en un lugar bien ventilado.

Usos específicos:

\* Uso universal.

**8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL**

Valores límites de exposición:

\* No establecidos.

Controles de la exposición profesional:

\* Asegurar una ventilación adecuada, en especial si trabaja en lugares confinados.

Controles de la exposición del medio ambiente:

\* No aplicable.

**9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**

Estado físico:

\* Gas comprimido.

Peso molecular:

28

Temperatura de fusión:

-210º C

Temperatura de ebullición:

-195,80º C

Temperatura crítica:

-146,95º C

Densidad relativa del gas (aire=1):

0,96 a 15º C

Densidad relativa del líquido (agua=1):

0,80 a -195,80º C

Solubilidad en agua:

15,5 cm<sup>3</sup>/l a 20º C.

Apariencia y color:

\* Gas incoloro.



**RESPONSIBLE CARE**  
El Compromiso de la Industria Química  
con el Desarrollo Sostenible

con el Desarrollo Sostenible

FDS: 089A. NITROGENO COMPRIMIDO Version: 7

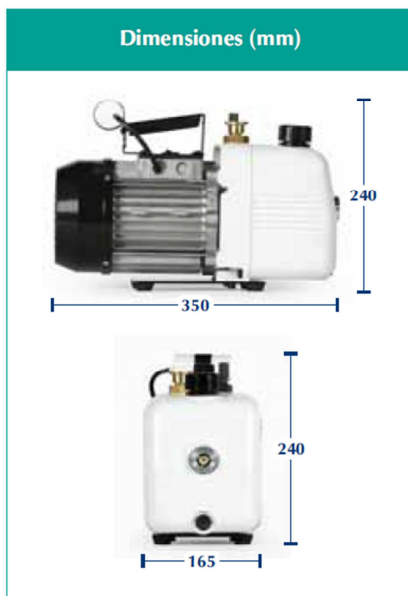
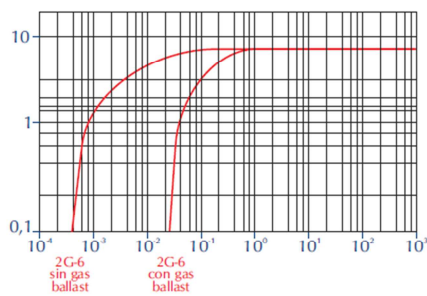
FDS: 097A - OXÍGENO COMPRIMIDO Version: 13

## D.2. Bomba de buit

## Bombas de Vacío de Paletas Rotativas en Baño de Aceite



Gráfica de caudal a 50 Hz



### Características Principales:

- Doble efecto.
- Construcción compacta y fácil instalación.
- Muy bajo nivel de ruido: Según ISO 3744.
- Portátil.
- Válvula de gas ballast.
- Mantenimiento muy fácil mediante cambio, en caso necesario, de todo el cuerpo interior (kit de vacío), sin necesidad de herramientas especiales y en muy pocos minutos.
- Brida de conexión opcional: DN 10KF; o boquilla para goma 7 mm int.
- Protección térmica en el bobinado.
- Cable clavija de conexión e interruptor incluido.
- Temperatura de trabajo  $\approx \Delta 40^\circ \text{C}$  sobre ambiente.
- Temperatura mínima arranque de  $5^\circ \text{C}$ .
- Antirretorno de aceite incorporado y cierre por válvula plana.

### Especificaciones Técnicas:

CARACTERÍSTICAS*	UNIDAD	2G-6 50 Hz	2G-6 60 Hz
Caudal nominal	m <sup>3</sup> /h	6	7,2
	l/m	100	120
Etapas		2	
Vacío límite sin gas ballast	mbar	4.10 <sup>-4</sup>	
Vacío límite con gas ball	mbar	3.10 <sup>-2</sup>	
Tolerancia vapor agua	mbar	25	
Capacidad aceite	l	0,7	
Peso	Kg	16	
Motor eléctrico**	1 ph (Kw)	0,25	
Monofásico bifrecuencia	1 ph (V)	220	
	rpm	1450	1740
Nivel de ruido	dBa	55	58

\* Según PNEUROP-ISO 1607/1 Y 1607/2

\*\* Disponible también en versión 3 ph



Josep Tapiolas, 120  
08226 Terrassa (España)  
T. +34 937 361 600  
F. +34 937 859 342



[www.telstar-vacuum.com](http://www.telstar-vacuum.com)

01 2113 0109 E.Telstar se reserva el derecho de cambiar especificaciones por mejoras técnicas sin previo aviso.



**ANNEX E: DADES EXPERIMENTALS**

A continuació es mostren les dades extretes de les gravacions de cada un dels experiments realitzats.

**E.1 Interpretació de les dades**

Els resultats es presenten en una plantilla (Figura 42) que conté, en primer lloc, les condicions de cada experiment (1). A continuació, una imatge de la flama corresponent (2). A la part inferior, les taules amb els valors de posició de la flama en funció del temps (3), longitud de piròlisi (4), alçada de la flama (5), angle (6), Lf i D (7). També es mostra la gràfica amb els valors de posició – temps (8) i els valors de velocitat, v, i coeficient de determinació, R<sup>2</sup>, (9).

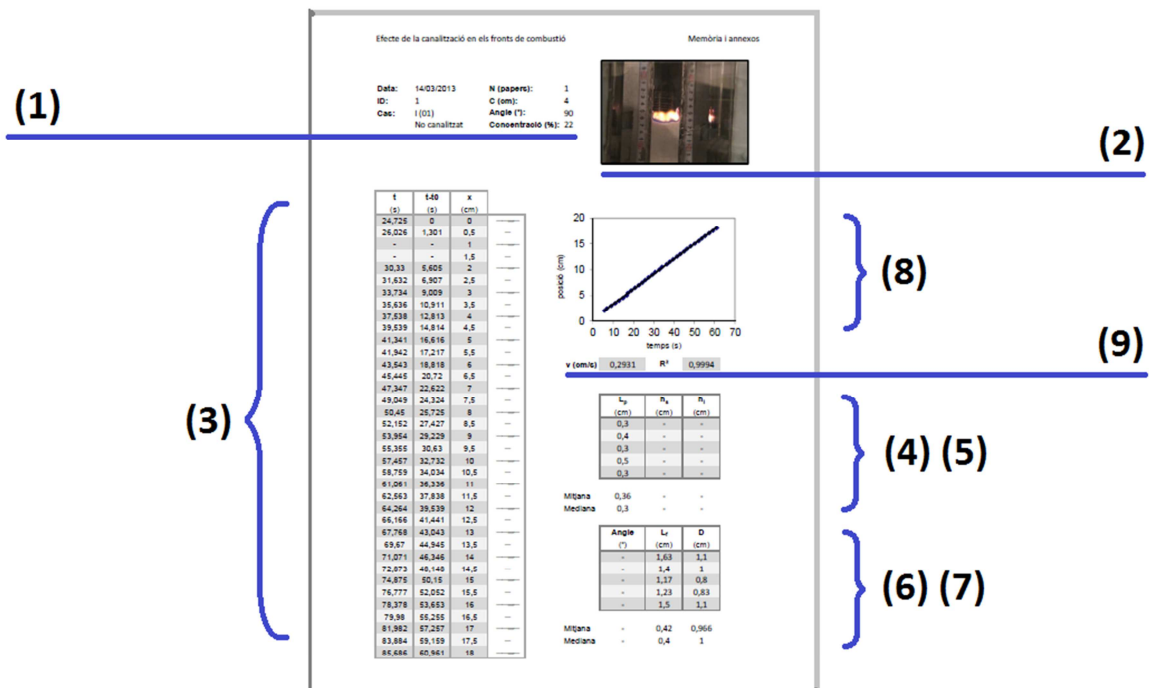
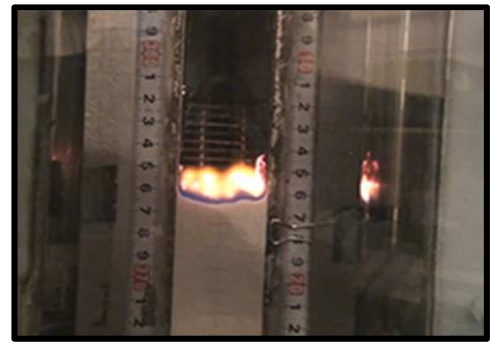
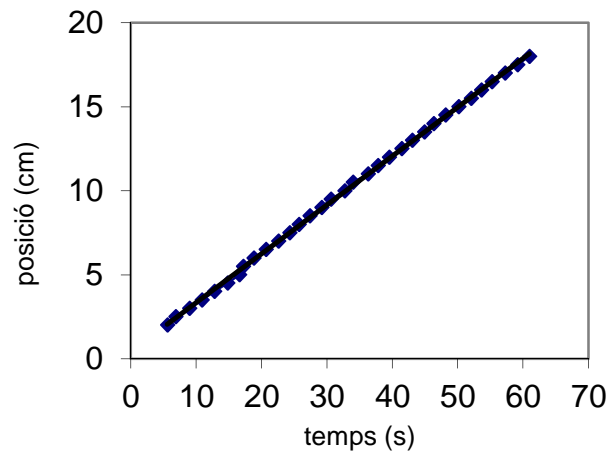


Figura 42. Plantilla de dades experimentals

**Data:** 14/03/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 1      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (01)      **Angle (°):** 90  
                     **Concentració (%):** 22  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
24,725	0	0	—
26,026	1,301	0,5	—
-	-	1	—
-	-	1,5	—
30,33	5,605	2	—
31,632	6,907	2,5	—
33,734	9,009	3	—
35,636	10,911	3,5	—
37,538	12,813	4	—
39,539	14,814	4,5	—
41,341	16,616	5	—
41,942	17,217	5,5	—
43,543	18,818	6	—
45,445	20,72	6,5	—
47,347	22,622	7	—
49,049	24,324	7,5	—
50,45	25,725	8	—
52,152	27,427	8,5	—
53,954	29,229	9	—
55,355	30,63	9,5	—
57,457	32,732	10	—
58,759	34,034	10,5	—
61,061	36,336	11	—
62,563	37,838	11,5	—
64,264	39,539	12	—
66,166	41,441	12,5	—
67,768	43,043	13	—
69,67	44,945	13,5	—
71,071	46,346	14	—
72,873	48,148	14,5	—
74,875	50,15	15	—
76,777	52,052	15,5	—
78,378	53,653	16	—
79,98	55,255	16,5	—
81,982	57,257	17	—
83,884	59,159	17,5	—
85,686	60,961	18	—



v (cm/s) 0,2931      R<sup>2</sup> 0,9994

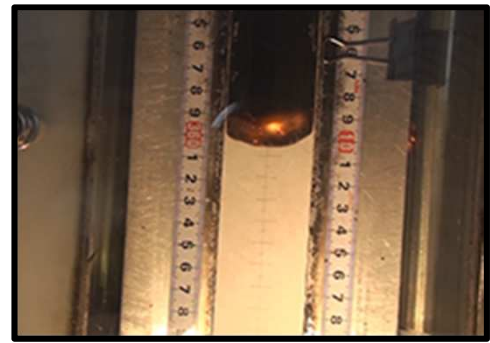
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,3	-	-
0,4	-	-
0,3	-	-
0,5	-	-
0,3	-	-

Mitjana 0,36  
 Mediana 0,3

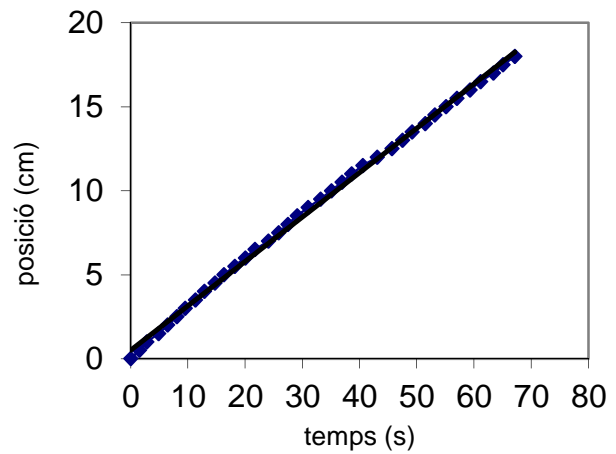
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	1,63	1,1
-	1,4	1
-	1,17	0,8
-	1,23	0,83
-	1,5	1,1

Mitjana -      0,42      0,966  
 Mediana -      0,4      1

**Data:** 19/03/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 2      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (01)      **Angle (°):** 90  
                                  **No canalitzat**      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
23,32	0	0	—
24,8	1,48	0,5	—
26,12	2,8	1	—
28,2	4,88	1,5	—
29,76	6,44	2	—
31,36	8,04	2,5	—
32,84	9,52	3	—
34,6	11,28	3,5	—
36,16	12,84	4	—
38,04	14,72	4,5	—
39,6	16,28	5	—
41,48	18,16	5,5	—
43,32	20	6	—
45,04	21,72	6,5	—
47,36	24,04	7	—
49,16	25,84	7,5	—
50,8	27,48	8	—
52,4	29,08	8,5	—
54,28	30,96	9	—
56,48	33,16	9,5	—
58,36	35,04	10	—
60,24	36,92	10,5	—
61,92	38,6	11	—
63,88	40,56	11,5	—
66,4	43,08	12	—
68,96	45,64	12,5	—
70,8	47,48	13	—
72,48	49,16	13,5	—
74,8	51,48	14	—
76,44	53,12	14,5	—
78,4	55,08	15	—
80,32	57	15,5	—
82,6	59,28	16	—
84,44	61,12	16,5	—
86,68	63,36	17	—
88,36	65,04	17,5	—
90,44	67,12	18	—



**v (cm/s)** 0,2643      **R<sup>2</sup>** 0,9984

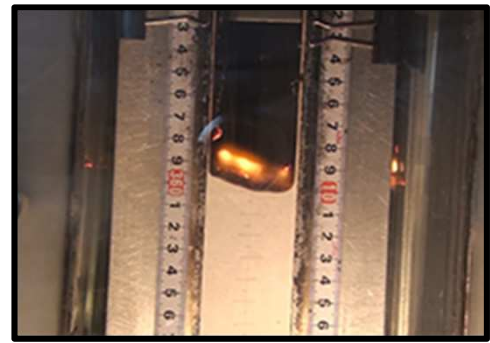
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,5	-	-
0,5	-	-
0,4	-	-
0,5	-	-
0,73	-	-

Mitjana 0,526      -      -  
 Mediana 0,5      -      -

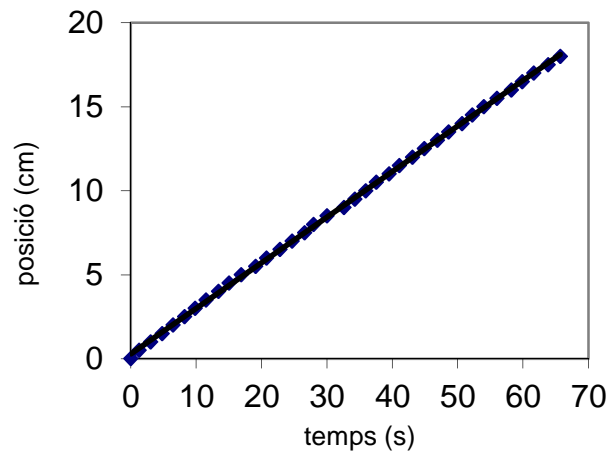
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	0,93	0,53
-	0,87	0,5
-	0,67	0,37
-	0,67	0,24
-	0,64	0,34

Mitjana -      0,36      0,396  
 Mediana -      0,37      0,37

**Data:** 19/03/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 3      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (02)      **Angle (°):** 90  
                                  **Concentració (%):** 22  
                                  No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
28,8	0	0	—
30,08	1,28	0,5	—
31,84	3,04	1	—
33,6	4,8	1,5	—
35,24	6,44	2	—
37	8,2	2,5	—
38,64	9,84	3	—
40,32	11,52	3,5	—
42,2	13,4	4	—
43,84	15,04	4,5	—
45,68	16,88	5	—
47,88	19,08	5,5	—
49,56	20,76	6	—
51,6	22,8	6,5	—
53,44	24,64	7	—
55,36	26,56	7,5	—
56,76	27,96	8	—
58,8	30	8,5	—
61,4	32,6	9	—
63,04	34,24	9,5	—
64,72	35,92	10	—
66,36	37,56	10,5	—
68,28	39,48	11	—
69,88	41,08	11,5	—
71,88	43,08	12	—
73,68	44,88	12,5	—
75,68	46,88	13	—
77,4	48,6	13,5	—
79,44	50,64	14	—
81,04	52,24	14,5	—
82,76	53,96	15	—
84,8	56	15,5	—
87	58,2	16	—
88,64	59,84	16,5	—
90,4	61,6	17	—
92,6	63,8	17,5	—
94,48	65,68	18	—



v (cm/s) 0,2716      R<sup>2</sup> 0,9997

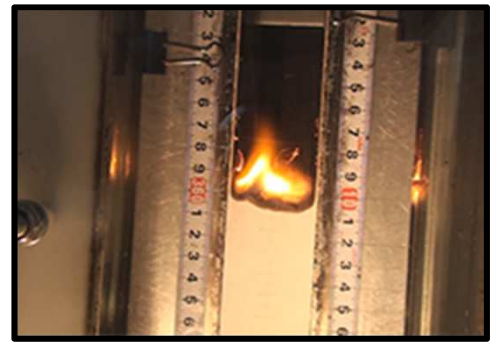
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,73	-	-
0,6	-	-
0,4	-	-
0,5	-	-
0,37	-	-

Mitjana 0,52      -      -  
 Mediana 0,5      -      -

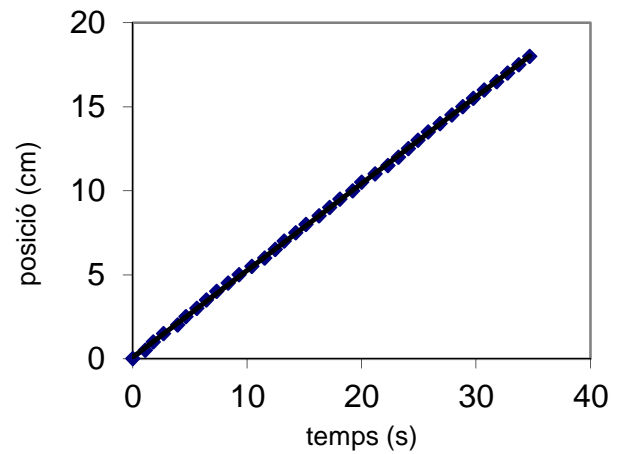
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	0,94	0,67
-	1,01	0,6
-	1,1	0,6
-	0,75	0,47
-	0,47	0

Mitjana -      0,386      0,468  
 Mediana -      0,41      0,6

**Data:** 19/03/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 4      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (03)      **Angle (°):** 90  
                     **Concentració (%):** 30  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
19,64	0	0	—
20,72	1,08	0,5	—
21,44	1,8	1	—
22,32	2,68	1,5	—
23,56	3,92	2	—
24,28	4,64	2,5	—
25,24	5,6	3	—
26,08	6,44	3,5	—
26,96	7,32	4	—
27,96	8,32	4,5	—
28,92	9,28	5	—
30,04	10,4	5,5	—
31,16	11,52	6	—
32,08	12,44	6,5	—
32,88	13,24	7	—
33,88	14,24	7,5	—
34,76	15,12	8	—
35,92	16,28	8,5	—
36,84	17,2	9	—
37,72	18,08	9,5	—
38,84	19,2	10	—
39,64	20	10,5	—
40,8	21,16	11	—
41,92	22,28	11,5	—
42,84	23,2	12	—
43,72	24,08	12,5	—
44,56	24,92	13	—
45,44	25,8	13,5	—
46,48	26,84	14	—
47,52	27,88	14,5	—
48,48	28,84	15	—
49,4	29,76	15,5	—
50,36	30,72	16	—
51,44	31,8	16,5	—
52,4	32,76	17	—
53,36	33,72	17,5	—
54,32	34,68	18	—



**v (cm/s)** 0,5169      **R<sup>2</sup>** 0,9999

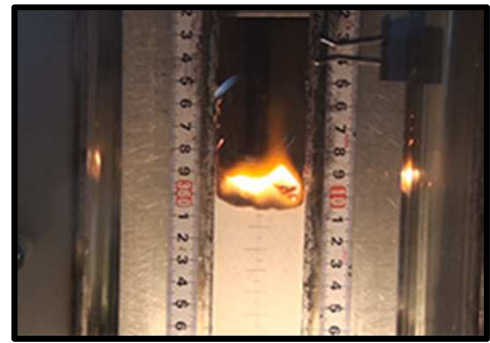
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,8	-	-
0,97	-	-
0,37	-	-
0,41	-	-
0,4	-	-

Mitjana 0,59      -      -  
 Mediana 0,41      -      -

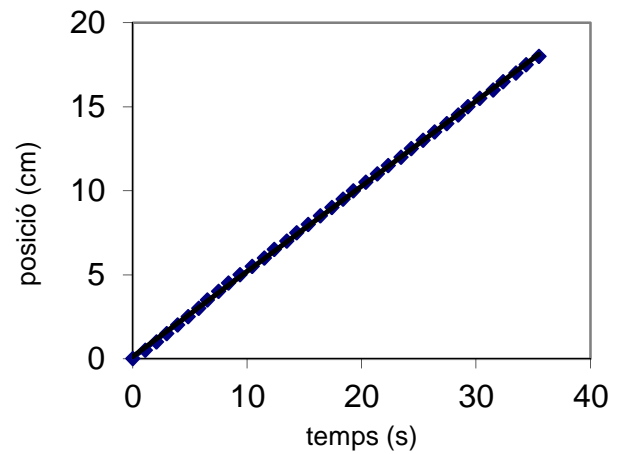
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	1,23	0,73
-	1,54	1,07
-	1,9	1,53
-	2,26	1,83
-	1,67	1,07

Mitjana -      0,474      1,246  
 Mediana -      0,47      1,07

**Data:** 19/03/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 5      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (04)      **Angle (°):** 90  
                                  **No canalitzat**      **Concentració (%):** 30



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
22	0	0	—
23,08	1,08	0,5	—
24,08	2,08	1	—
24,96	2,96	1,5	—
25,92	3,92	2	—
26,84	4,84	2,5	—
27,76	5,76	3	—
28,52	6,52	3,5	—
29,48	7,48	4	—
30,36	8,36	4,5	—
31,36	9,36	5	—
32,44	10,44	5,5	—
33,48	11,48	6	—
34,36	12,36	6,5	—
35,44	13,44	7	—
36,32	14,32	7,5	—
37,32	15,32	8	—
38,4	16,4	8,5	—
39,4	17,4	9	—
40,36	18,36	9,5	—
41,28	19,28	10	—
42,36	20,36	10,5	—
43,36	21,36	11	—
44,32	22,32	11,5	—
45,44	23,44	12	—
46,32	24,32	12,5	—
47,36	25,36	13	—
48,36	26,36	13,5	—
49,44	27,44	14	—
50,44	28,44	14,5	—
51,28	29,28	15	—
52,32	30,32	15,5	—
53,48	31,48	16	—
54,36	32,36	16,5	—
55,48	33,48	17	—
56,36	34,36	17,5	—
57,48	35,48	18	—



v (cm/s) 0,5073      R<sup>2</sup> 0,9997

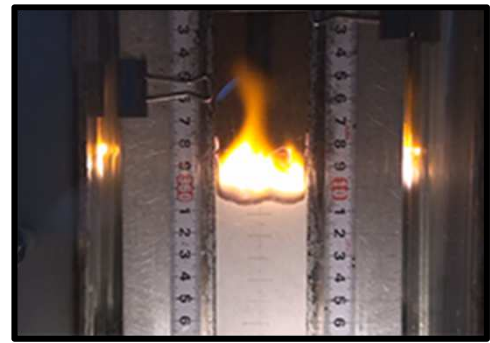
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,35	-	-
0,44	-	-
0,7	-	-
0,54	-	-
0,47	-	-

Mitjana 0,5      -      -  
 Mediana 0,47      -      -

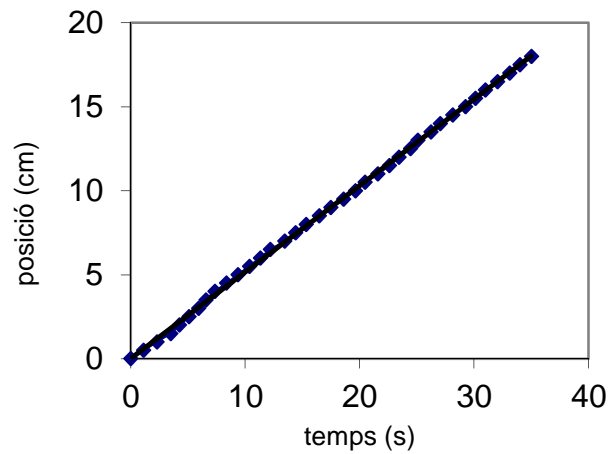
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	2,4	1,77
-	1,53	1,1
-	1,77	1,1
-	1,44	0,97
-	1,7	1,3

Mitjana -      0,52      1,248  
 Mediana -      0,47      1,1

**Data:** 20/03/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 6      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (01)      **Angle (°):** 90  
                     **Concentració (%):** 30  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
16,68	0	0	—
17,8	1,12	0,5	—
18,96	2,28	1	—
20,16	3,48	1,5	—
20,92	4,24	2	—
21,76	5,08	2,5	—
22,6	5,92	3	—
23,24	6,56	3,5	—
24,04	7,36	4	—
25,04	8,36	4,5	—
26,04	9,36	5	—
27,04	10,36	5,5	—
28	11,32	6	—
28,88	12,2	6,5	—
30,12	13,44	7	—
31,08	14,4	7,5	—
32	15,32	8	—
33,16	16,48	8,5	—
34,16	17,48	9	—
35,28	18,6	9,5	—
36,32	19,64	10	—
37,16	20,48	10,5	—
38,28	21,6	11	—
39,28	22,6	11,5	—
40,12	23,44	12	—
41,12	24,44	12,5	—
41,76	25,08	13	—
42,92	26,24	13,5	—
43,72	27,04	14	—
44,8	28,12	14,5	—
45,92	29,24	15	—
46,8	30,12	15,5	—
47,68	31	16	—
48,72	32,04	16,5	—
49,8	33,12	17	—
50,68	34	17,5	—
51,68	35	18	—



v (cm/s) 0,5146      R<sup>2</sup> 0,9995

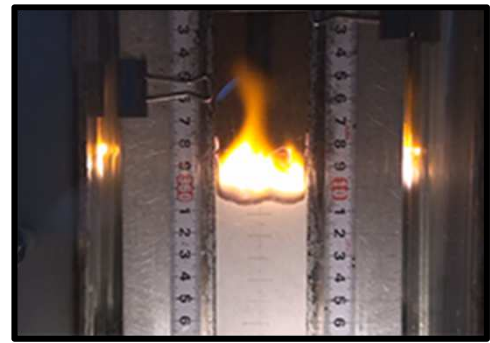
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,77	-	-
1,21	-	-
0,9	-	-
0,83	-	-
0,57	-	-

Mitjana 0,856      -      -  
 Mediana 0,83      -      -

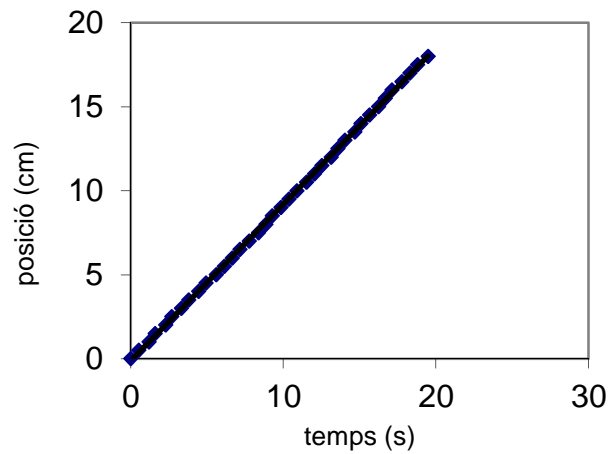
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	1,48	0,88
-	2,37	0,97
-	2,13	1,3
-	1,86	1,13
-	1,73	0,83

Mitjana -      0,892      1,022  
 Mediana -      0,83      0,97

**Data:** 20/03/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 7      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (02)      **Angle (°):** 90  
                     **Concentració (%):** 50  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
18,6	0	0	—
19,12	0,52	0,5	—
19,8	1,2	1	—
20,2	1,6	1,5	—
20,88	2,28	2	—
21,28	2,68	2,5	—
21,92	3,32	3	—
22,4	3,8	3,5	—
23,04	4,44	4	—
23,52	4,92	4,5	—
24,2	5,6	5	—
24,72	6,12	5,5	—
25,24	6,64	6	—
25,76	7,16	6,5	—
26,36	7,76	7	—
26,96	8,36	7,5	—
27,44	8,84	8	—
27,88	9,28	8,5	—
28,44	9,84	9	—
28,96	10,36	9,5	—
29,48	10,88	10	—
30,12	11,52	10,5	—
30,64	12,04	11	—
31,12	12,52	11,5	—
31,72	13,12	12	—
32,16	13,56	12,5	—
32,64	14,04	13	—
33,28	14,68	13,5	—
33,68	15,08	14	—
34,24	15,64	14,5	—
34,84	16,24	15	—
35,28	16,68	15,5	—
35,72	17,12	16	—
36,36	17,76	16,5	—
36,88	18,28	17	—
37,4	18,8	17,5	—
38,08	19,48	18	—



v (cm/s) 0,9316      R<sup>2</sup> 0,9998

L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,37	-	-
0,5	-	-
0,41	-	-
0,28	-	-
0,43	-	-

Mitjana 0,398      -      -  
 Mediana 0,41      -      -

Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	4,6	1,7
-	2,2	1,63
-	3,6	2,2
-	2,73	1,9
-	4,17	3

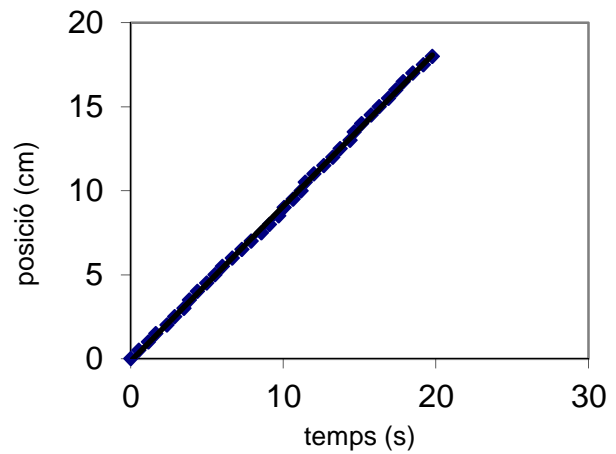
Mitjana -      1,374      2,086  
 Mediana -      1,17      1,9



**Data:** 20/03/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 8      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (03)      **Angle (°):** 90  
                     **Concentració (%):** 50  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
18,2	0	0	—
18,72	0,52	0,5	—
19,36	1,16	1	—
19,84	1,64	1,5	—
20,56	2,36	2	—
21,08	2,88	2,5	—
21,68	3,48	3	—
22,04	3,84	3,5	—
22,56	4,36	4	—
23,16	4,96	4,5	—
23,72	5,52	5	—
24,2	6	5,5	—
24,84	6,64	6	—
25,48	7,28	6,5	—
26,08	7,88	7	—
26,76	8,56	7,5	—
27,28	9,08	8	—
27,88	9,68	8,5	—
28,24	10,04	9	—
28,84	10,64	9,5	—
29,36	11,16	10	—
29,64	11,44	10,5	—
30,2	12	11	—
30,84	12,64	11,5	—
31,44	13,24	12	—
31,92	13,72	12,5	—
32,56	14,36	13	—
32,84	14,64	13,5	—
33,32	15,12	14	—
33,96	15,76	14,5	—
34,48	16,28	15	—
35,08	16,88	15,5	—
35,56	17,36	16	—
36,04	17,84	16,5	—
36,68	18,48	17	—
37,36	19,16	17,5	—
37,96	19,76	18	—



**v (cm/s)** 0,9222      **R<sup>2</sup>** 0,9994

L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,57	-	-
0,7	-	-
0,87	-	-
0,74	-	-
0,73	-	-

Mitjana 0,722      -      -  
 Mediana 0,73      -      -

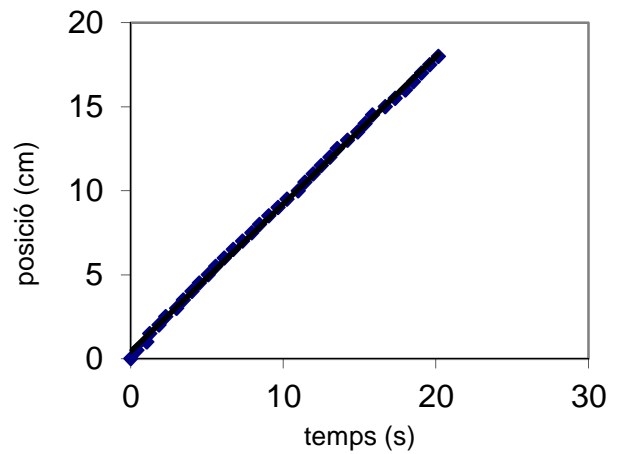
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	4,57	1,67
-	4,56	1,83
-	1,87	1,1
-	2,4	1,5
-	3,83	2,53

Mitjana -      1,72      1,726  
 Mediana -      1,3      1,67

**Data:** 20/03/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 9      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (04)      **Angle (°):** 90  
                     **Concentració (%):** 50  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
17,4	0	0	—
17,8	0,4	0,5	—
18,44	1,04	1	—
18,64	1,24	1,5	—
19,24	1,84	2	—
19,68	2,28	2,5	—
20,4	3	3	—
20,84	3,44	3,5	—
21,4	4	4	—
21,88	4,48	4,5	—
22,48	5,08	5	—
22,96	5,56	5,5	—
23,52	6,12	6	—
24,12	6,72	6,5	—
24,72	7,32	7	—
25,32	7,92	7,5	—
25,84	8,44	8	—
26,44	9,04	8,5	—
27,04	9,64	9	—
27,64	10,24	9,5	—
28,36	10,96	10	—
28,8	11,4	10,5	—
29,36	11,96	11	—
29,88	12,48	11,5	—
30,44	13,04	12	—
30,92	13,52	12,5	—
31,6	14,2	13	—
32,28	14,88	13,5	—
32,76	15,36	14	—
33,24	15,84	14,5	—
34,08	16,68	15	—
34,72	17,32	15,5	—
35,4	18	16	—
35,92	18,52	16,5	—
36,44	19,04	17	—
37	19,6	17,5	—
37,56	20,16	18	—



v (cm/s) 0,8779      R<sup>2</sup> 0,9991

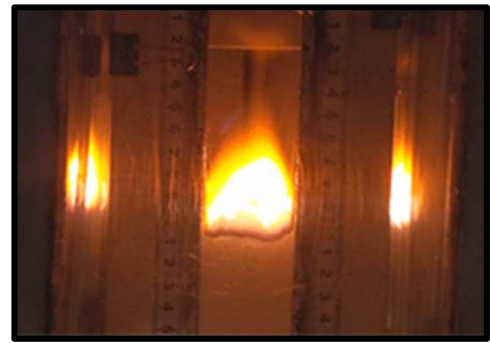
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,43	-	-
0,43	-	-
0,4	-	-
0,34	-	-
0,4	-	-

Mitjana 0,4      -      -  
 Mediana 0,4      -      -

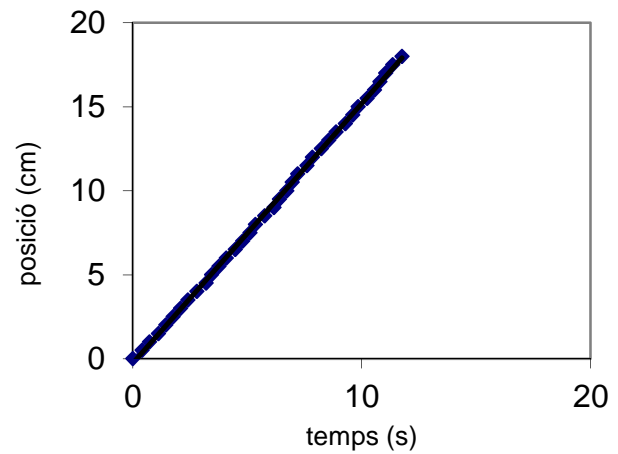
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	4,07	3,27
-	5,17	3,13
-	3,73	3,13
-	4,37	3,17
-	3,67	2,07

Mitjana -      1,248      2,954  
 Mediana -      1,2      3,13

**Data:** 22/03/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 10      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (01)      **Angle (°):** 90  
                     **Concentració (%):** 100  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
17,2	0	0	—
17,6	0,4	0,5	—
17,92	0,72	1	—
18,32	1,12	1,5	—
18,64	1,44	2	—
18,96	1,76	2,5	—
19,28	2,08	3	—
19,6	2,4	3,5	—
20	2,8	4	—
20,4	3,2	4,5	—
20,64	3,44	5	—
20,96	3,76	5,5	—
21,28	4,08	6	—
21,68	4,48	6,5	—
22	4,8	7	—
22,32	5,12	7,5	—
22,56	5,36	8	—
22,96	5,76	8,5	—
23,36	6,16	9	—
23,6	6,4	9,5	—
23,92	6,72	10	—
24,16	6,96	10,5	—
24,4	7,2	11	—
24,8	7,6	11,5	—
25,04	7,84	12	—
25,44	8,24	12,5	—
25,76	8,56	13	—
26,08	8,88	13,5	—
26,48	9,28	14	—
26,8	9,6	14,5	—
27,04	9,84	15	—
27,44	10,24	15,5	—
27,76	10,56	16	—
28	10,8	16,5	—
28,24	11,04	17	—
28,56	11,36	17,5	—
28,96	11,76	18	—



**v (cm/s)** 1,5461      **R<sup>2</sup>** 0,9995

L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,57	-	-
0,6	-	-
0,83	-	-
0,63	-	-
0,6	-	-

Mitjana 0,646      -      -  
 Mediana 0,6      -      -

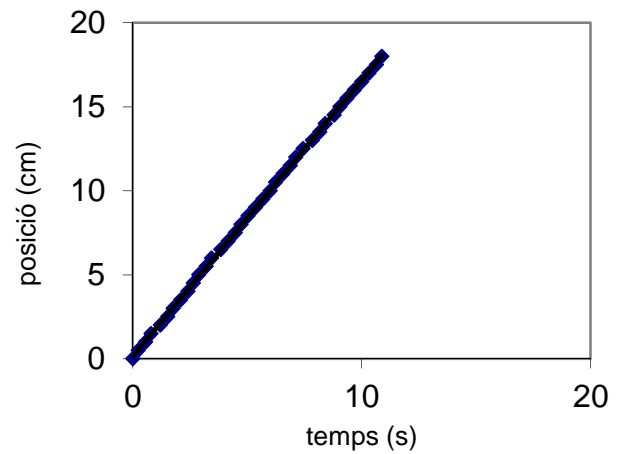
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	6,07	4,8
-	6,77	5,27
-	4,94	3,87
-	5,1	4,13
-	5,57	4,27

Mitjana -      1,222      4,468  
 Mediana -      1,27      4,27

**Data:** 22/03/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 11      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (02)      **Angle (°):** 90  
                     **Concentració (%):** 100  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
20,44	0	0	—
20,68	0,24	0,5	—
21	0,56	1	—
21,24	0,8	1,5	—
21,64	1,2	2	—
21,96	1,52	2,5	—
22,2	1,76	3	—
22,52	2,08	3,5	—
22,84	2,4	4	—
23,08	2,64	4,5	—
23,32	2,88	5	—
23,64	3,2	5,5	—
23,88	3,44	6	—
24,28	3,84	6,5	—
24,6	4,16	7	—
24,92	4,48	7,5	—
25,16	4,72	8	—
25,48	5,04	8,5	—
25,8	5,36	9	—
26,12	5,68	9,5	—
26,44	6	10	—
26,68	6,24	10,5	—
27	6,56	11	—
27,32	6,88	11,5	—
27,56	7,12	12	—
27,88	7,44	12,5	—
28,28	7,84	13	—
28,6	8,16	13,5	—
28,84	8,4	14	—
29,24	8,8	14,5	—
29,48	9,04	15	—
29,8	9,36	15,5	—
30,12	9,68	16	—
30,44	10	16,5	—
30,76	10,32	17	—
31,08	10,64	17,5	—
31,32	10,88	18	—



v (cm/s) 1,6432      R<sup>2</sup> 0,9997

L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,8	-	-
1	-	-
1	-	-
0,64	-	-
0,58	-	-

Mitjana 0,804      -      -  
 Mediana 0,8      -      -

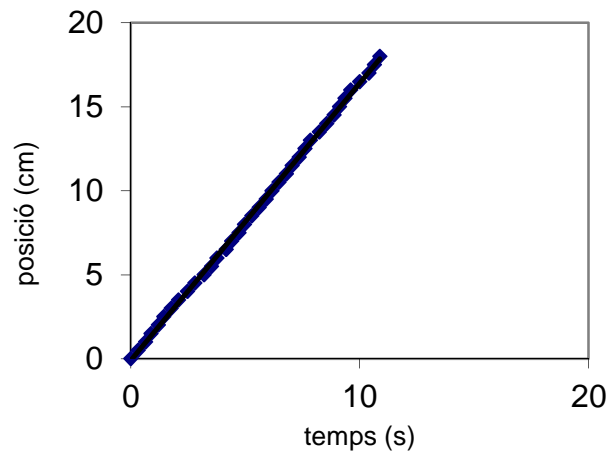
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	5,97	3
-	5,33	3,33
-	5,36	3,43
-	7,43	6
-	6,2	5

Mitjana -      1,906      4,152  
 Mediana -      1,93      3,43

**Data:** 22/03/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 12      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (03)      **Angle (°):** 90  
                     **Concentració (%):** 100  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
16,88	0	0	—
17,2	0,32	0,5	—
17,52	0,64	1	—
17,76	0,88	1,5	—
18,08	1,2	2	—
18,32	1,44	2,5	—
18,64	1,76	3	—
18,96	2,08	3,5	—
19,36	2,48	4	—
19,68	2,8	4,5	—
20,08	3,2	5	—
20,4	3,52	5,5	—
20,64	3,76	6	—
21,04	4,16	6,5	—
21,28	4,4	7	—
21,6	4,72	7,5	—
21,84	4,96	8	—
22,16	5,28	8,5	—
22,48	5,6	9	—
22,8	5,92	9,5	—
23,04	6,16	10	—
23,36	6,48	10,5	—
23,68	6,8	11	—
23,92	7,04	11,5	—
24,24	7,36	12	—
24,48	7,6	12,5	—
24,72	7,84	13	—
25,12	8,24	13,5	—
25,44	8,56	14	—
25,76	8,88	14,5	—
26	9,12	15	—
26,24	9,36	15,5	—
26,48	9,6	16	—
26,88	10	16,5	—
27,28	10,4	17	—
27,52	10,64	17,5	—
27,76	10,88	18	—



v (cm/s) 1,6501      R<sup>2</sup> 0,9994

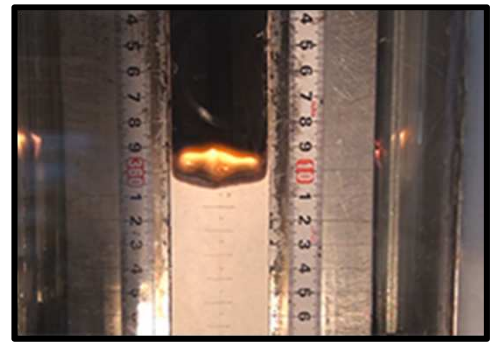
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1,24	-	-
0,5	-	-
1,5	-	-
0,77	-	-
1,03	-	-

Mitjana 1,008      -      -  
 Mediana 1,03      -      -

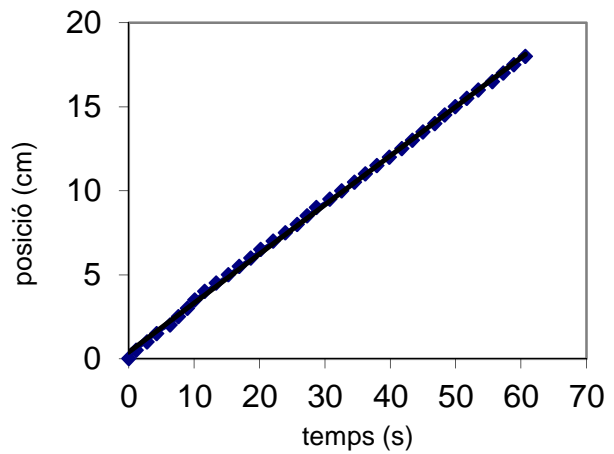
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	8,07	5,47
-	5,8	2,8
-	5,5	2
-	4,8	2,43
-	4,84	1,84

Mitjana -      2,894      2,908  
 Mediana -      3      2,43

**Data:** 22/03/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 13      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (04)      **Angle (°):** 35  
                     **Concentració (%):** 22  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
21,68	0	0	—
22,8	1,12	0,5	—
24,48	2,8	1	—
25,92	4,24	1,5	—
28	6,32	2	—
29,28	7,6	2,5	—
30,64	8,96	3	—
31,76	10,08	3,5	—
33,28	11,6	4	—
35,04	13,36	4,5	—
36,88	15,2	5	—
38,56	16,88	5,5	—
40,32	18,64	6	—
41,84	20,16	6,5	—
43,76	22,08	7	—
45,6	23,92	7,5	—
47,44	25,76	8	—
48,96	27,28	8,5	—
50,38	28,7	9	—
52,4	30,72	9,5	—
54,24	32,56	10	—
56,16	34,48	10,5	—
57,87	36,19	11	—
59,6	37,92	11,5	—
61,52	39,84	12	—
63,44	41,76	12,5	—
65,04	43,36	13	—
66,64	44,96	13,5	—
68,48	46,8	14	—
70	48,32	14,5	—
71,6	49,92	15	—
73,36	51,68	15,5	—
75,12	53,44	16	—
77,28	55,6	16,5	—
78,96	57,28	17	—
80,56	58,88	17,5	—
82,32	60,64	18	—



v (cm/s) 0,292      R<sup>2</sup> 0,9992

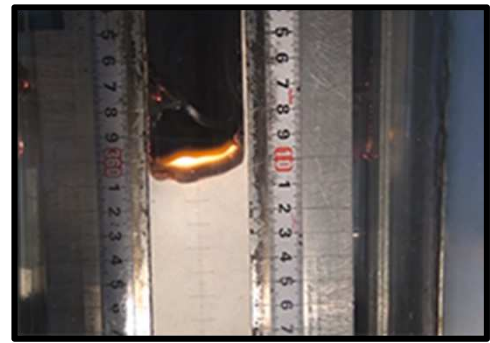
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1,01	1,5	0,5
0,57	1,75	0,5
1,1	1,5	0,5
1,17	1,5	0,5
1,14	1,75	0,5

Mitjana 0,998      1,6      0,5  
 Mediana 1,1      1,5      0,5

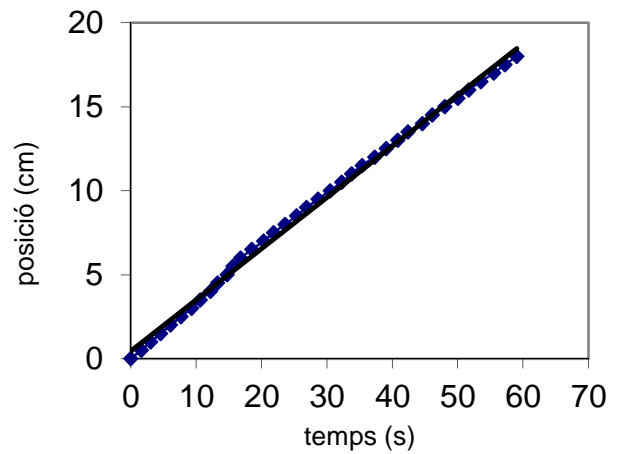
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
72	0,57	0,27
45	0,7	0,3
56	0,8	0,4
49	1	0,57
50	0,84	0,57

Mitjana 54,4      0,36      0,422  
 Mediana 50      0,4      0,4

**Data:** 22/03/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 14      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (05)      **Angle (°):** 35  
                     **Concentració (%):** 22  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
27,6	0	0	—
29,2	1,6	0,5	—
30,64	3,04	1	—
32,16	4,56	1,5	—
33,68	6,08	2	—
35,28	7,68	2,5	—
36,88	9,28	3	—
38,24	10,64	3,5	—
39,76	12,16	4	—
40,88	13,28	4,5	—
42,32	14,72	5	—
43,2	15,6	5,5	—
44,4	16,8	6	—
46,08	18,48	6,5	—
47,92	20,32	7	—
49,44	21,84	7,5	—
51,2	23,6	8	—
52,96	25,36	8,5	—
54,48	26,88	9	—
56,24	28,64	9,5	—
58,08	30,48	10	—
59,84	32,24	10,5	—
61,36	33,76	11	—
62,96	35,36	11,5	—
64,88	37,28	12	—
66,64	39,04	12,5	—
68,4	40,8	13	—
70	42,4	13,5	—
72,16	44,56	14	—
73,68	46,08	14,5	—
75,6	48	15	—
77,6	50	15,5	—
79,28	51,68	16	—
81,12	53,52	16,5	—
83,12	55,52	17	—
84,8	57,2	17,5	—
86,64	59,04	18	—



**v (cm/s)** 0,305      **R<sup>2</sup>** 0,997

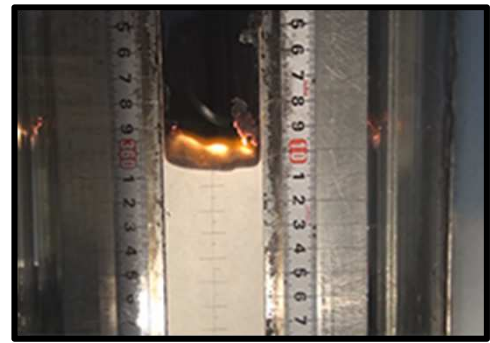
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1,03	1,5	0,5
0,77	1,5	0,5
0,87	1,75	0,5
0,97	1,75	0,5
1,1	1,75	0,5

Mitjana 0,948      1,65      0,5  
 Mediana 0,97      1,75      0,5

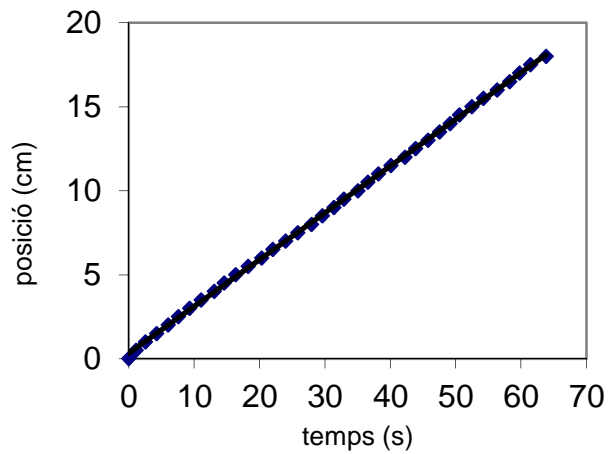
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
65	1,01	0,67
62	0,75	0,41
67	0,78	0,54
62	0,91	0,54
76	0,98	0,58

Mitjana 66,4      0,338      0,548  
 Mediana 65      0,34      0,54

**Data:** 22/03/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 15      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (06)      **Angle (°):** 35  
                     **Concentració (%):** 22  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
31,36	0	0	—
32,48	1,12	0,5	—
33,92	2,56	1	—
35,6	4,24	1,5	—
37,36	6	2	—
38,96	7,6	2,5	—
40,64	9,28	3	—
42,4	11,04	3,5	—
44,4	13,04	4	—
45,92	14,56	4,5	—
47,68	16,32	5	—
49,6	18,24	5,5	—
51,68	20,32	6	—
53,36	22	6,5	—
55,36	24	7	—
57,2	25,84	7,5	—
59,28	27,92	8	—
60,96	29,6	8,5	—
62,72	31,36	9	—
64,24	32,88	9,5	—
66,4	35,04	10	—
67,92	36,56	10,5	—
69,52	38,16	11	—
71,44	40,08	11,5	—
73,6	42,24	12	—
75,2	43,84	12,5	—
77,12	45,76	13	—
78,88	47,52	13,5	—
80,48	49,12	14	—
81,92	50,56	14,5	—
83,84	52,48	15	—
85,6	54,24	15,5	—
87,68	56,32	16	—
89,6	58,24	16,5	—
91,12	59,76	17	—
92,8	61,44	17,5	—
95,2	63,84	18	—



v (cm/s) 0,2787      R<sup>2</sup> 0,9997

L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1,23	1,5	0,25
0,57	1,5	0,25
0,93	1,75	0,25
0,83	1,75	0,25
1,3	2	0,25

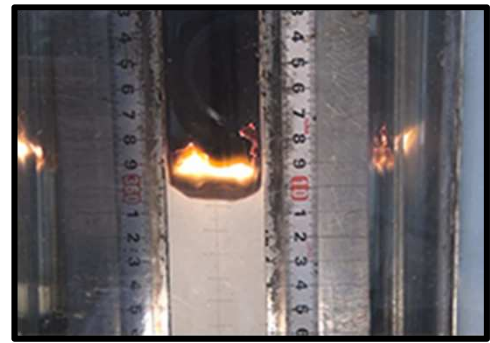
Mitjana 0,972      1,7      0,25  
 Mediana 0,93      1,75      0,25

Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
72	0,77	0,43
61	0,78	0,5
58	0,75	0,41
62,6	0,88	0,54
66,4	1,13	0,73

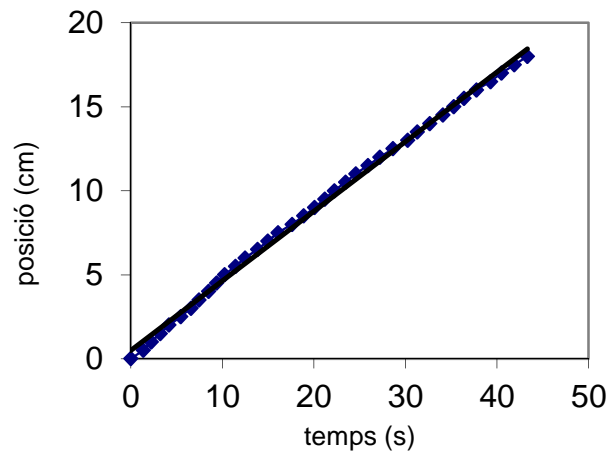
Mitjana 64      0,34      0,522  
 Mediana 62,6      0,34      0,5



**Data:** 03/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 16      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (01)      **Angle (°):** 35  
                     **Concentració (%):** 25  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
23,56	0	0	—
24,92	1,36	0,5	—
25,8	2,24	1	—
26,76	3,2	1,5	—
27,72	4,16	2	—
29	5,44	2,5	—
30,12	6,56	3	—
31	7,44	3,5	—
32,04	8,48	4	—
32,92	9,36	4,5	—
33,8	10,24	5	—
35	11,44	5,5	—
36,04	12,48	6	—
37,4	13,84	6,5	—
38,52	14,96	7	—
39,64	16,08	7,5	—
41,16	17,6	8	—
42,44	18,88	8,5	—
43,64	20,08	9	—
44,76	21,2	9,5	—
45,8	22,24	10	—
47	23,44	10,5	—
48,12	24,56	11	—
49,48	25,92	11,5	—
50,76	27,2	12	—
52,2	28,64	12,5	—
53,8	30,24	13	—
54,84	31,28	13,5	—
56,2	32,64	14	—
57,64	34,08	14,5	—
58,84	35,28	15	—
59,96	36,4	15,5	—
61,32	37,76	16	—
62,84	39,28	16,5	—
64,04	40,48	17	—
65,44	41,88	17,5	—
66,88	43,32	18	—



v (cm/s) 0,4147      R<sup>2</sup> 0,9975

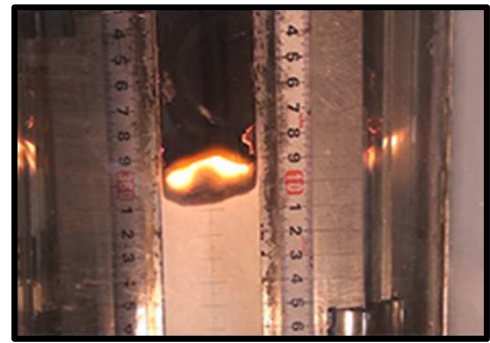
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,4	1,5	0,25
0,4	1,25	0,25
0,57	1	0,25
0,54	0,5	0,25
0,58	1,5	0,25

Mitjana 0,498      1,15      0,25  
 Mediana 0,54      1,25      0,25

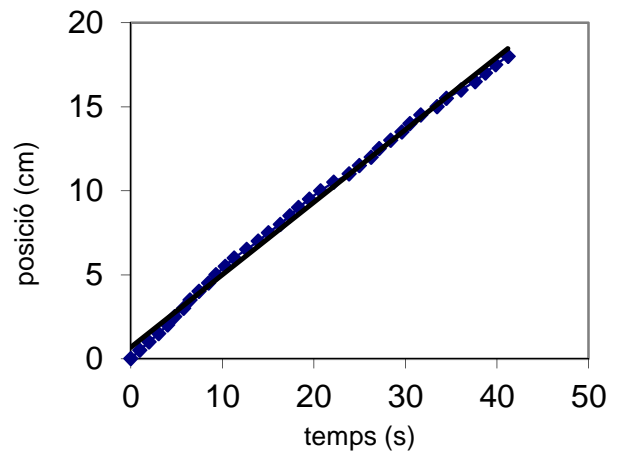
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
61	0,71	0,34
60	1,05	0,64
62	0,89	0,57
60	0,83	0,53
66	0,84	0,47

Mitjana 61,8      0,354      0,51  
 Mediana 61      0,37      0,53

**Data:** 03/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 17      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (02)      **Angle (°):** 35  
                     **Concentració (%):** 25  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
22,92	0	0	—
23,88	0,96	0,5	—
24,92	2	1	—
25,96	3,04	1,5	—
26,92	4	2	—
27,72	4,8	2,5	—
28,68	5,76	3	—
29,4	6,48	3,5	—
30,36	7,44	4	—
31,4	8,48	4,5	—
32,2	9,28	5	—
33,24	10,32	5,5	—
34,2	11,28	6	—
35,56	12,64	6,5	—
36,84	13,92	7	—
37,96	15,04	7,5	—
39,24	16,32	8	—
40,28	17,36	8,5	—
41,24	18,32	9	—
42,44	19,52	9,5	—
43,64	20,72	10	—
45,08	22,16	10,5	—
46,76	23,84	11	—
47,88	24,96	11,5	—
49,16	26,24	12	—
50,04	27,12	12,5	—
51,32	28,4	13	—
52,52	29,6	13,5	—
53,4	30,48	14	—
54,6	31,68	14,5	—
56,36	33,44	15	—
57,4	34,48	15,5	—
59	36,08	16	—
60,52	37,6	16,5	—
61,64	38,72	17	—
62,76	39,84	17,5	—
64,12	41,2	18	—



v (cm/s) 0,4317      R<sup>2</sup> 0,9962

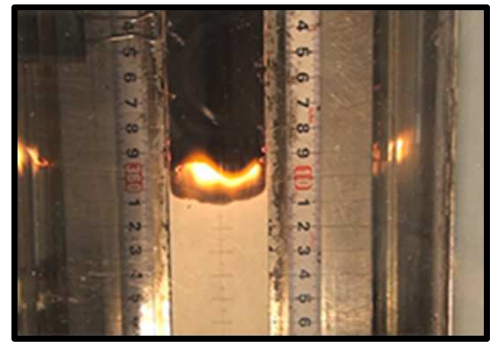
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1,47	2	0,5
1,2	1,25	0,5
1	1,5	0,5
1,5	2	0,5
0,64	1,25	0,5

Mitjana 1,162      1,6      0,5  
 Mediana 1,2      1,5      0,5

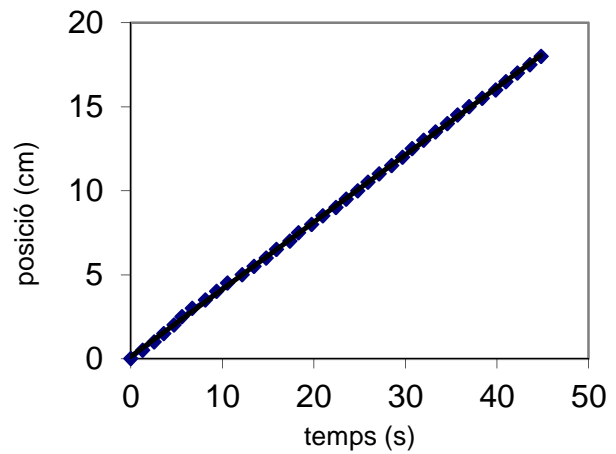
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
71	1,2	0,73
68	0,95	0,6
67	0,84	0,5
61	1,11	0,7
58	1,28	0,94

Mitjana 65      0,382      0,694  
 Mediana 67      0,35      0,7

**Data:** 03/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 18      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (03)      **Angle (°):** 35  
                     **Concentració (%):** 25  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
18,16	0	0	—
19,44	1,28	0,5	—
20,72	2,56	1	—
21,76	3,6	1,5	—
22,88	4,72	2	—
23,76	5,6	2,5	—
24,88	6,72	3	—
26,32	8,16	3,5	—
27,52	9,36	4	—
28,72	10,56	4,5	—
30,32	12,16	5	—
31,6	13,44	5,5	—
32,96	14,8	6	—
34,08	15,92	6,5	—
35,52	17,36	7	—
36,48	18,32	7,5	—
37,92	19,76	8	—
39,12	20,96	8,5	—
40,56	22,4	9	—
41,68	23,52	9,5	—
42,96	24,8	10	—
44,08	25,92	10,5	—
45,28	27,12	11	—
46,64	28,48	11,5	—
47,84	29,68	12	—
48,88	30,72	12,5	—
50,16	32	13	—
51,44	33,28	13,5	—
52,72	34,56	14	—
53,84	35,68	14,5	—
55,12	36,96	15	—
56,56	38,4	15,5	—
58	39,84	16	—
59,12	40,96	16,5	—
60,4	42,24	17	—
61,76	43,6	17,5	—
62,96	44,8	18	—



v (cm/s) 0,4003      R<sup>2</sup> 0,9998

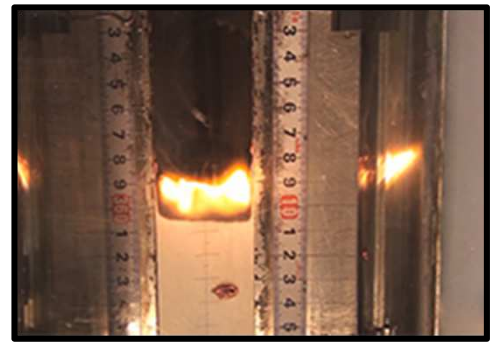
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,94	1,75	0,25
0,93	1,75	0,5
1,13	2	0,5
1,67	2	0,25
0,7	2	0,25

Mitjana 1,074      1,9      0,35  
 Mediana 0,94      2      0,25

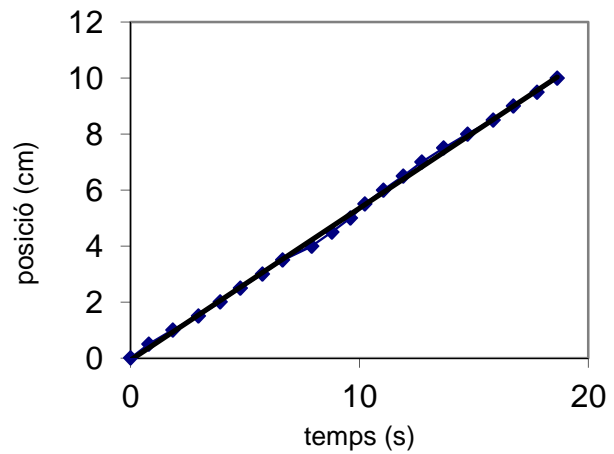
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
62	1,08	0,67
65	1,02	0,67
70	1,44	0,97
65,6	1,34	0,83
61	2,16	1,73

Mitjana 64,72      0,434      0,974  
 Mediana 65      0,43      0,83

**Data:** 04/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 19      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (01)      **Angle (°):** 35  
                     **Concentració (%):** 30  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
22,12	0	0	—
22,92	0,8	0,5	—
23,96	1,84	1	—
25,08	2,96	1,5	—
26,04	3,92	2	—
26,92	4,8	2,5	—
27,88	5,76	3	—
28,76	6,64	3,5	—
30,04	7,92	4	—
30,92	8,8	4,5	—
31,72	9,6	5	—
32,36	10,24	5,5	—
33,16	11,04	6	—
34,04	11,92	6,5	—
34,84	12,72	7	—
35,8	13,68	7,5	—
36,84	14,72	8	—
37,96	15,84	8,5	—
38,84	16,72	9	—
39,88	17,76	9,5	—
40,76	18,64	10	—
		10,5	—
		11	—
		11,5	—
		12	—
		12,5	—
		13	—
		13,5	—
		14	—
		14,5	—
		15	—
		15,5	—
		16	—
		16,5	—
		17	—
		17,5	—
		18	—



**v (cm/s)** 0,5425      **R<sup>2</sup>** 0,9988

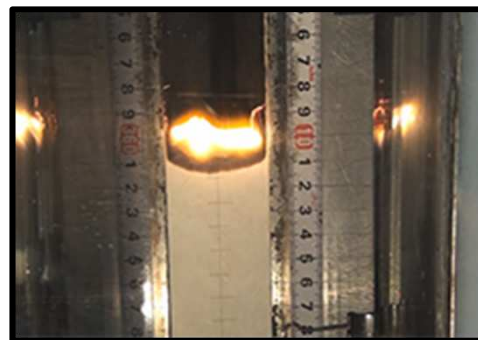
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1,01	1,75	0,25
1,07	2	0,25
1	2	0,25
0,37	2	0,25
0,6	2	0,25

Mitjana 0,81      1,95      0,25  
 Mediana 1      2      0,25

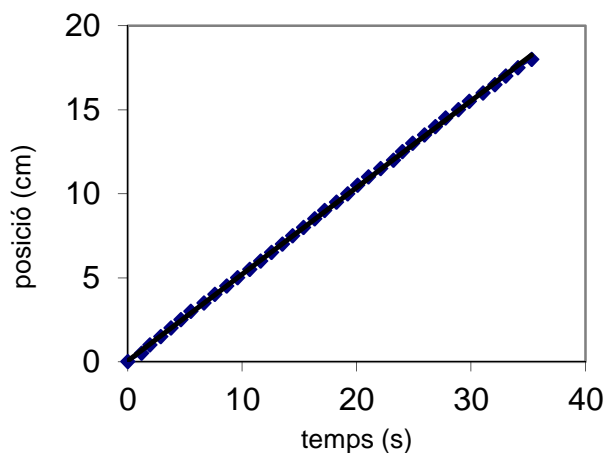
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
66	1,13	0,53
62	1,07	0,5
71	1,34	0,74
69	1,7	1,27
71	1,13	0,87

Mitjana 67,8      0,492      0,782  
 Mediana 69      0,57      0,74

**Data:** 04/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 20                      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (02)              **Angle (°):** 35  
                                     **Concentració (%):** 30  
                                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
18,84	0	0	—
20,04	1,2	0,5	—
20,76	1,92	1	—
21,72	2,88	1,5	—
22,6	3,76	2	—
23,48	4,64	2,5	—
24,36	5,52	3	—
25,48	6,64	3,5	—
26,44	7,6	4	—
27,48	8,64	4,5	—
28,44	9,6	5	—
29,48	10,64	5,5	—
30,44	11,6	6	—
31,4	12,56	6,5	—
32,36	13,52	7	—
33,24	14,4	7,5	—
34,2	15,36	8	—
35,16	16,32	8,5	—
36,04	17,2	9	—
37,08	18,24	9,5	—
38,04	19,2	10	—
38,92	20,08	10,5	—
39,88	21,04	11	—
40,92	22,08	11,5	—
42,04	23,2	12	—
42,84	24	12,5	—
43,72	24,88	13	—
44,76	25,92	13,5	—
45,72	26,88	14	—
46,6	27,76	14,5	—
47,72	28,88	15	—
48,68	29,84	15,5	—
49,88	31,04	16	—
50,92	32,08	16,5	—
51,88	33,04	17	—
52,92	34,08	17,5	—
54,12	35,28	18	—



v (cm/s) 0,5155      R<sup>2</sup> 0,9998

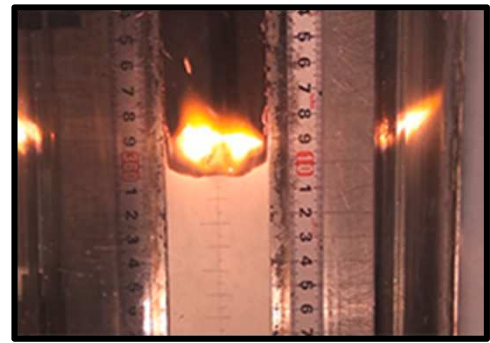
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,7	1,5	0,25
0,67	1	0,25
0,63	1,5	0,25
0,37	1,5	0,25
0,67	1,5	0,25

Mitjana 0,608      1,4      0,25  
 Mediana 0,67      1,5      0,25

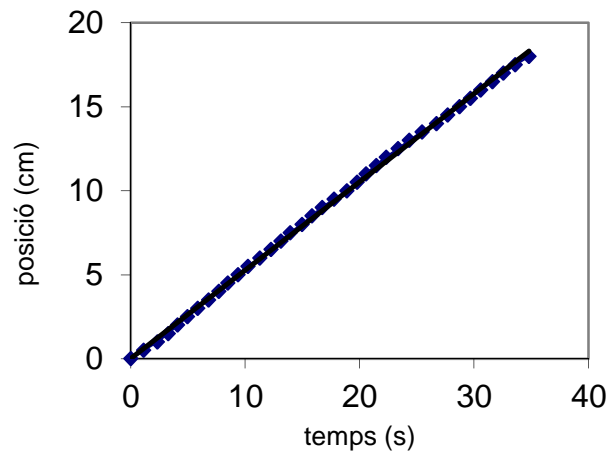
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
65	1,6	1,17
58	1,3	0,7
66	1,5	0,83
66	1,54	1,07
62	1,33	0,9

Mitjana 63,4      0,52      0,934  
 Mediana 65      0,47      0,9

**Data:** 04/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 21                      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (03)              **Angle (°):** 35  
                                     **Concentració (%):** 30  
                                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
24,12	0	0	—
25,24	1,12	0,5	—
26,44	2,32	1	—
27,4	3,28	1,5	—
28,2	4,08	2	—
29,08	4,96	2,5	—
29,96	5,84	3	—
30,92	6,8	3,5	—
31,8	7,68	4	—
32,6	8,48	4,5	—
33,48	9,36	5	—
34,36	10,24	5,5	—
35,4	11,28	6	—
36,36	12,24	6,5	—
37,24	13,12	7	—
38,04	13,92	7,5	—
39,08	14,96	8	—
39,96	15,84	8,5	—
40,84	16,72	9	—
41,88	17,76	9,5	—
43	18,88	10	—
43,88	19,76	10,5	—
44,68	20,56	11	—
45,56	21,44	11,5	—
46,44	22,32	12	—
47,48	23,36	12,5	—
48,44	24,32	13	—
49,56	25,44	13,5	—
50,84	26,72	14	—
51,8	27,68	14,5	—
52,84	28,72	15	—
53,8	29,68	15,5	—
54,68	30,56	16	—
55,72	31,6	16,5	—
56,68	32,56	17	—
57,72	33,6	17,5	—
58,92	34,8	18	—



v (cm/s) 0,5259      R<sup>2</sup> 0,9993

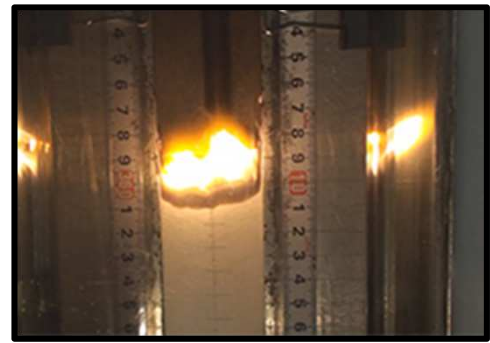
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,9	1,5	0,25
0,93	1,5	0,25
1,13	3	0,25
0,57	2	0,25
0,64	3	0,25

Mitjana 0,834      2,2      0,25  
 Mediana 0,9      2      0,25

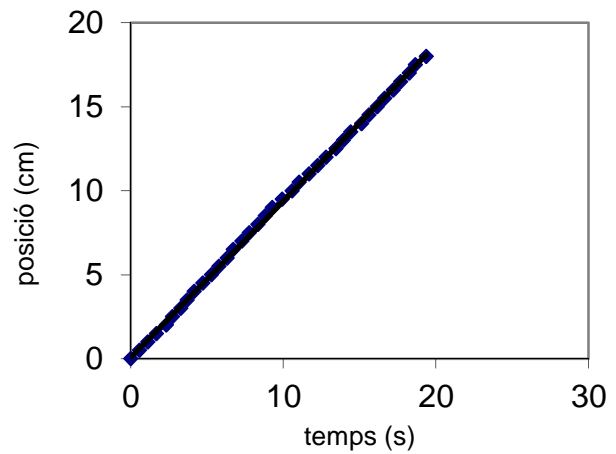
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
58	1,43	0,93
70	1,14	0,54
71	0,95	0,48
74	1,74	1,33
69	1,78	1,44

Mitjana 68,4      0,464      0,944  
 Mediana 70      0,47      0,93

**Data:** 04/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 22      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (04)      **Angle (°):** 35  
                     **Concentració (%):** 50  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
15,32	0	0	—
15,88	0,56	0,5	—
16,44	1,12	1	—
17	1,68	1,5	—
17,64	2,32	2	—
18,04	2,72	2,5	—
18,6	3,28	3	—
19	3,68	3,5	—
19,48	4,16	4	—
20,04	4,72	4,5	—
20,6	5,28	5	—
21,08	5,76	5,5	—
21,64	6,32	6	—
22,04	6,72	6,5	—
22,6	7,28	7	—
23,08	7,76	7,5	—
23,64	8,32	8	—
24,12	8,8	8,5	—
24,6	9,28	9	—
25,24	9,92	9,5	—
25,88	10,56	10	—
26,36	11,04	10,5	—
27	11,68	11	—
27,56	12,24	11,5	—
28,12	12,8	12	—
28,76	13,44	12,5	—
29,24	13,92	13	—
29,72	14,4	13,5	—
30,44	15,12	14	—
30,92	15,6	14,5	—
31,48	16,16	15	—
31,96	16,64	15,5	—
32,52	17,2	16	—
33	17,68	16,5	—
33,56	18,24	17	—
33,96	18,64	17,5	—
34,68	19,36	18	—



v (cm/s)    0,9311      R<sup>2</sup>    0,9995

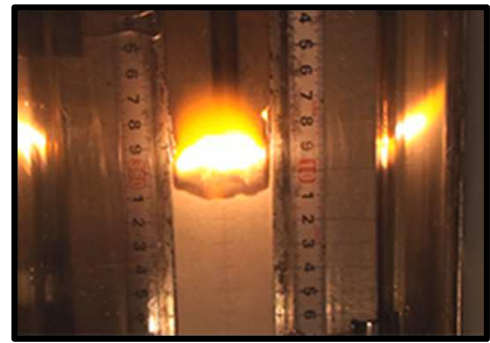
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1,17	5	0,5
1,74	5	0,5
0,97	5	0,5
0,87	5	0,75
0,77	5	0,5

Mitjana    1,104      5      0,55  
 Mediana    0,97      5      0,5

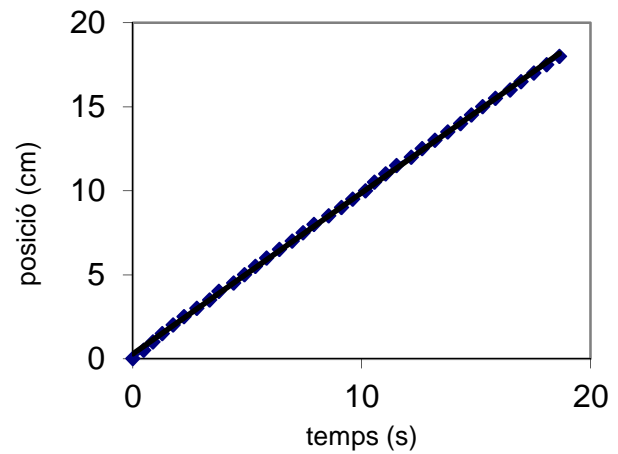
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
57	3,53	1,9
56	3,41	1,67
55	3,54	2,9
57	4,83	2,03
63	3,57	2,77

Mitjana    57,6      1,522      2,254  
 Mediana    57      1,63      2,03

**Data:** 04/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 23      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (05)      **Angle (°):** 35  
                     **Concentració (%):** 50  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
18,8	0	0	—
19,28	0,48	0,5	—
19,68	0,88	1	—
20,08	1,28	1,5	—
20,56	1,76	2	—
21,04	2,24	2,5	—
21,6	2,8	3	—
22,16	3,36	3,5	—
22,56	3,76	4	—
23,2	4,4	4,5	—
23,68	4,88	5	—
24,16	5,36	5,5	—
24,64	5,84	6	—
25,2	6,4	6,5	—
25,76	6,96	7	—
26,24	7,44	7,5	—
26,72	7,92	8	—
27,36	8,56	8,5	—
27,92	9,12	9	—
28,4	9,6	9,5	—
28,96	10,16	10	—
29,36	10,56	10,5	—
29,84	11,04	11	—
30,32	11,52	11,5	—
30,96	12,16	12	—
31,44	12,64	12,5	—
32	13,2	13	—
32,56	13,76	13,5	—
33,12	14,32	14	—
33,6	14,8	14,5	—
34,08	15,28	15	—
34,64	15,84	15,5	—
35,28	16,48	16	—
35,76	16,96	16,5	—
36,32	17,52	17	—
36,88	18,08	17,5	—
37,44	18,64	18	—



v (cm/s) 0,9597      R<sup>2</sup> 0,9997

L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1,51	5	0,5
0,97	5	0,75
1,2	5	0,5
1,5	5	0,5
1,1	5	0,75

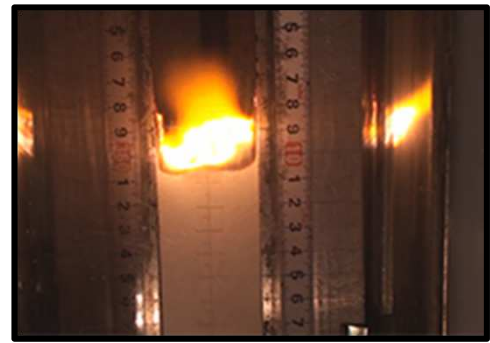
Mitjana 1,256      5      0,6  
 Mediana 1,2      5      0,5

Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
68	2,55	0,97
60	4,41	2,17
69	3,7	1,5
58	2,67	1,63
56	4,55	1,93

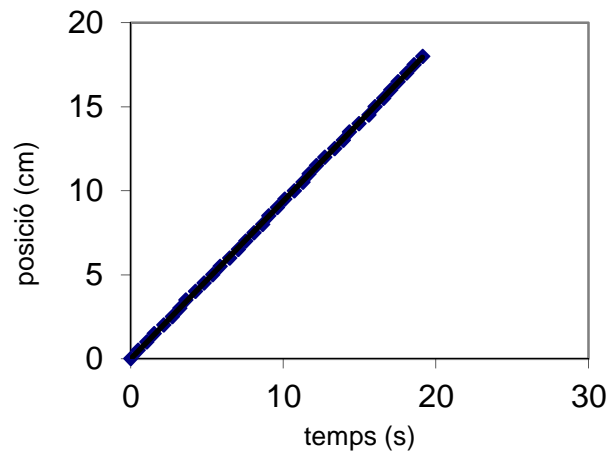
Mitjana 62,2      1,936      1,64  
 Mediana 60      2,2      1,63



**Data:** 04/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 24      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (06)      **Angle (°):** 35  
                     **Concentració (%):** 50  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
16,44	0	0	—
16,92	0,48	0,5	—
17,48	1,04	1	—
17,96	1,52	1,5	—
18,6	2,16	2	—
19,16	2,72	2,5	—
19,64	3,2	3	—
20,04	3,6	3,5	—
20,68	4,24	4	—
21,24	4,8	4,5	—
21,8	5,36	5	—
22,28	5,84	5,5	—
22,92	6,48	6	—
23,48	7,04	6,5	—
23,96	7,52	7	—
24,52	8,08	7,5	—
25,08	8,64	8	—
25,48	9,04	8,5	—
26,04	9,6	9	—
26,52	10,08	9,5	—
27,16	10,72	10	—
27,72	11,28	10,5	—
28,12	11,68	11	—
28,6	12,16	11,5	—
29,16	12,72	12	—
29,8	13,36	12,5	—
30,36	13,92	13	—
30,76	14,32	13,5	—
31,4	14,96	14	—
32,04	15,6	14,5	—
32,44	16	15	—
33	16,56	15,5	—
33,48	17,04	16	—
33,96	17,52	16,5	—
34,52	18,08	17	—
35	18,56	17,5	—
35,56	19,12	18	—



v (cm/s) 0,9387      R<sup>2</sup> 0,9999

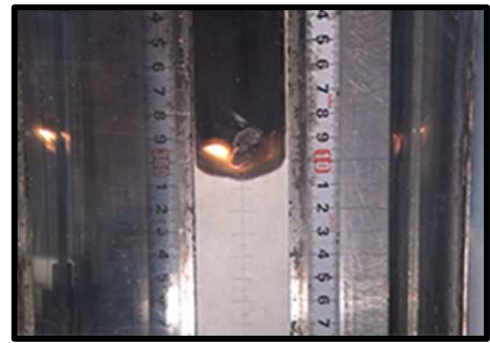
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,77	5	0,5
0,57	5	0,75
0,7	5	1
0,67	5	0,5
1	5	0,5

Mitjana 0,742      5      0,65  
 Mediana 0,7      5      0,5

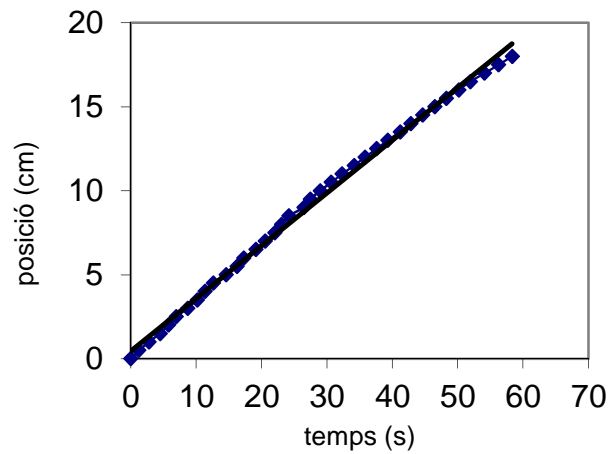
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
52	3,8	2,2
70	4,27	2,5
63	3,53	1,9
65	3,47	2,07
60	3,44	1,7

Mitjana 62      1,628      2,074  
 Mediana 63      1,63      2,07

**Data:** 05/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 25      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (01)      **Angle (°):** 30  
                     **Concentració (%):** 22  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
25,32	0	0	—
26,52	1,2	0,5	—
28,12	2,8	1	—
29,8	4,48	1,5	—
31,08	5,76	2	—
32,28	6,96	2,5	—
34,04	8,72	3	—
35,48	10,16	3,5	—
36,68	11,36	4	—
37,96	12,64	4,5	—
39,88	14,56	5	—
41,56	16,24	5,5	—
42,6	17,28	6	—
44,44	19,12	6,5	—
45,88	20,56	7	—
47,32	22	7,5	—
48,36	23,04	8	—
49,48	24,16	8,5	—
51,8	26,48	9	—
52,76	27,44	9,5	—
54,28	28,96	10	—
55,96	30,64	10,5	—
57,64	32,32	11	—
59,48	34,16	11,5	—
61,16	35,84	12	—
62,92	37,6	12,5	—
64,6	39,28	13	—
66,52	41,2	13,5	—
68,12	42,8	14	—
69,96	44,64	14,5	—
71,8	46,48	15	—
73,56	48,24	15,5	—
75,48	50,16	16	—
77,24	51,92	16,5	—
79,4	54,08	17	—
81,56	56,24	17,5	—
83,64	58,32	18	—



**v (cm/s)** 0,3137      **R<sup>2</sup>** 0,9967

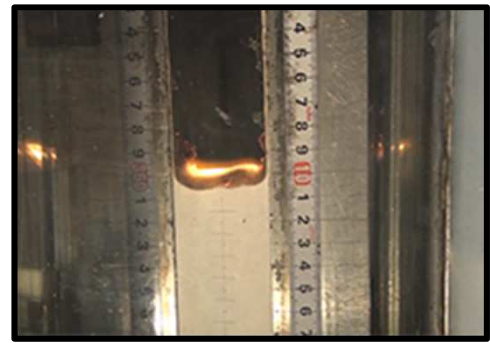
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1,24	1,5	0,25
0,9	2	0,25
0,7	1,75	0
0,83	1,75	0,25
0,64	2	0

Mitjana 0,862      1,8      0,15  
 Mediana 0,83      1,75      0,25

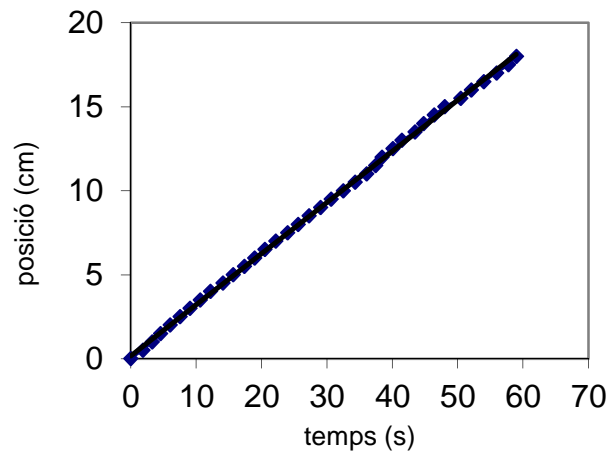
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
72	0,81	0,47
83	0,73	0,4
80	0,94	0,53
65	0,81	0,47
63	0,74	0,4

Mitjana 72,6      0,352      0,454  
 Mediana 72      0,34      0,47

**Data:** 05/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 26      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (02)      **Angle (°):** 30  
                     **Concentració (%):** 22  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
23,6	0	0	—
25,44	1,84	0,5	—
26,88	3,28	1	—
28,16	4,56	1,5	—
29,6	6	2	—
31,12	7,52	2,5	—
32,64	9,04	3	—
34,24	10,64	3,5	—
35,76	12,16	4	—
37,68	14,08	4,5	—
39,28	15,68	5	—
40,96	17,36	5,5	—
42,56	18,96	6	—
44,08	20,48	6,5	—
45,76	22,16	7	—
47,6	24	7,5	—
49,2	25,6	8	—
50,88	27,28	8,5	—
52,64	29,04	9	—
54,24	30,64	9,5	—
56,08	32,48	10	—
57,92	34,32	10,5	—
59,68	36,08	11	—
61,04	37,44	11,5	—
62,04	38,44	12	—
63,68	40,08	12,5	—
65,04	41,44	13	—
67,04	43,44	13,5	—
68,4	44,8	14	—
70	46,4	14,5	—
71,6	48	15	—
74,08	50,48	15,5	—
75,68	52,08	16	—
77,6	54	16,5	—
79,52	55,92	17	—
81,36	57,76	17,5	—
82,56	58,96	18	—



**v (cm/s)** 0,3045      **R<sup>2</sup>** 0,9995

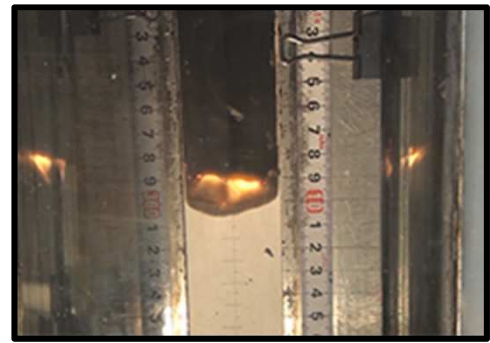
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,64	1,5	0,25
0,6	1,75	0,25
0,83	1,5	0
0,54	0,75	0,25
0,57	1	0,25

Mitjana 0,636      1,3      0,2  
 Mediana 0,6      1,5      0,25

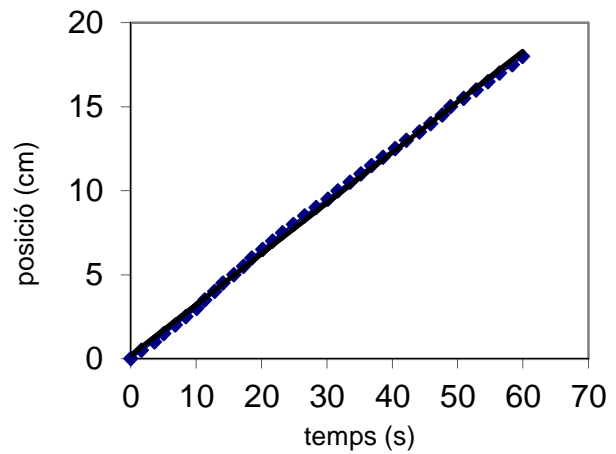
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
71	0,61	0,32
69	1,67	1,33
73	0,61	0,34
68	0,87	0,53
72	0,58	0,24

Mitjana 70,6      0,316      0,552  
 Mediana 71      0,34      0,34

**Data:** 05/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 27      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (03)      **Angle (°):** 30  
                     **Concentració (%):** 22  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
26,6	0	0	—
28,2	1,6	0,5	—
30,2	3,6	1	—
31,64	5,04	1,5	—
33,4	6,8	2	—
35	8,4	2,5	—
36,68	10,08	3	—
37,88	11,28	3,5	—
39,4	12,8	4	—
40,68	14,08	4,5	—
42,36	15,76	5	—
43,8	17,2	5,5	—
45,08	18,48	6	—
46,76	20,16	6,5	—
48,28	21,68	7	—
49,8	23,2	7,5	—
51,48	24,88	8	—
53,16	26,56	8,5	—
54,92	28,32	9	—
56,76	30,16	9,5	—
58,28	31,68	10	—
60,12	33,52	10,5	—
61,8	35,2	11	—
63,4	36,8	11,5	—
65,16	38,56	12	—
67	40,4	12,5	—
68,76	42,16	13	—
70,76	44,16	13,5	—
72,44	45,84	14	—
74,2	47,6	14,5	—
75,48	48,88	15	—
77,48	50,88	15,5	—
79,4	52,8	16	—
81,24	54,64	16,5	—
83	56,4	17	—
84,92	58,32	17,5	—
86,52	59,92	18	—



v (cm/s) 0,302      R<sup>2</sup> 0,9987

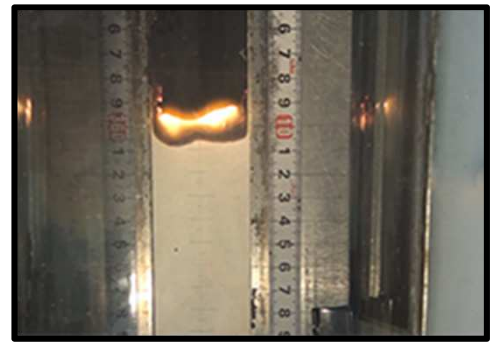
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,6	1	0,25
0,74	1,25	0
0,6	1,5	0
0,77	1	0,25
0,97	1,5	0,25

Mitjana 0,736      1,25      0,15  
 Mediana 0,74      1,25      0,25

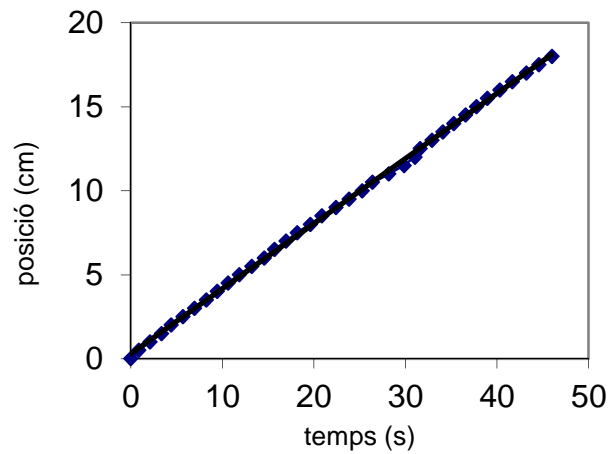
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
73	1,08	0,77
76	0,86	0,58
78	0,73	0,41
75	0,67	0,29
72	0,61	0,34

Mitjana 74,8      0,312      0,478  
 Mediana 75      0,31      0,41

**Data:** 08/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 28      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (01)      **Angle (°):** 30  
                     **Concentració (%):** 25  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
28,96	0	0	—
29,84	0,88	0,5	—
31,04	2,08	1	—
32,32	3,36	1,5	—
33,36	4,4	2	—
34,64	5,68	2,5	—
35,92	6,96	3	—
37,2	8,24	3,5	—
38,4	9,44	4	—
39,6	10,64	4,5	—
40,8	11,84	5	—
42,16	13,2	5,5	—
43,52	14,56	6	—
44,64	15,68	6,5	—
45,92	16,96	7	—
47,12	18,16	7,5	—
48,56	19,6	8	—
49,84	20,88	8,5	—
51,36	22,4	9	—
52,8	23,84	9,5	—
54,24	25,28	10	—
55,36	26,4	10,5	—
57,12	28,16	11	—
58,8	29,84	11,5	—
60	31,04	12	—
60,56	31,6	12,5	—
61,84	32,88	13	—
63,04	34,08	13,5	—
64,24	35,28	14	—
65,52	36,56	14,5	—
66,72	37,76	15	—
67,92	38,96	15,5	—
69,28	40,32	16	—
70,64	41,68	16,5	—
72,16	43,2	17	—
73,52	44,56	17,5	—
74,96	46	18	—



v (cm/s) 0,3875      R<sup>2</sup> 0,9995

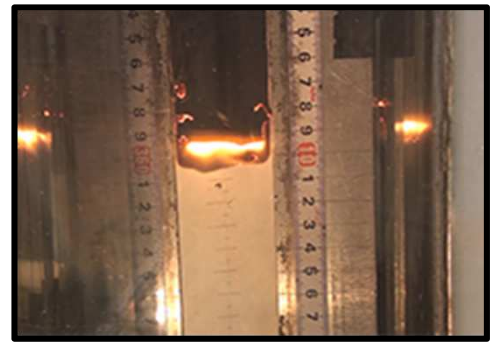
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1	1,25	0,25
1,24	1,5	0,25
0,88	1,5	0,25
0,6	1,5	0,25
0,74	2	0,25

Mitjana 0,892      1,55      0,25  
 Mediana 0,88      1,5      0,25

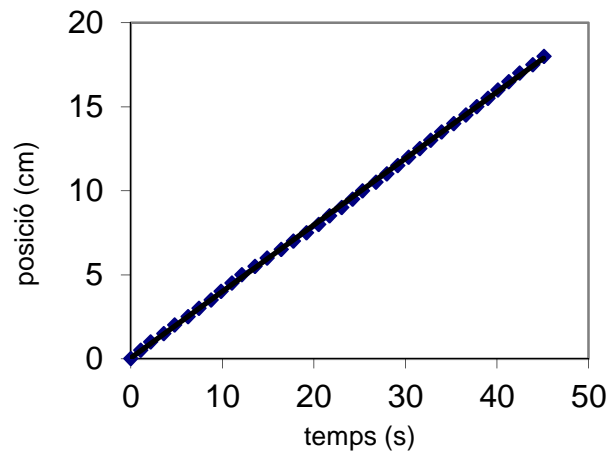
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
80	1,04	0,7
62	1,25	0,97
77	0,92	0,64
71	1,71	1,47
76	1,94	1,17

Mitjana 73,2      0,382      0,99  
 Mediana 76      0,28      0,97

**Data:** 08/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 29      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (02)      **Angle (°):** 30  
                     **Concentració (%):** 25  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
22,04	0	0	—
23,12	1,08	0,5	—
24,2	2,16	1	—
25,64	3,6	1,5	—
26,84	4,8	2	—
28,28	6,24	2,5	—
29,48	7,44	3	—
30,8	8,76	3,5	—
31,88	9,84	4	—
33,08	11,04	4,5	—
34,16	12,12	5	—
35,6	13,56	5,5	—
36,92	14,88	6	—
38,48	16,44	6,5	—
39,8	17,76	7	—
41,24	19,2	7,5	—
42,56	20,52	8	—
43,76	21,72	8,5	—
45,08	23,04	9	—
46,28	24,24	9,5	—
47,36	25,32	10	—
48,8	26,76	10,5	—
50	27,96	11	—
51,2	29,16	11,5	—
52,4	30,36	12	—
53,6	31,56	12,5	—
54,8	32,76	13	—
56	33,96	13,5	—
57,32	35,28	14	—
58,64	36,6	14,5	—
59,84	37,8	15	—
61,04	39	15,5	—
62,12	40,08	16	—
63,32	41,28	16,5	—
64,52	42,48	17	—
65,96	43,92	17,5	—
67,16	45,12	18	—



v (cm/s) 0,3959      R<sup>2</sup> 0,9997

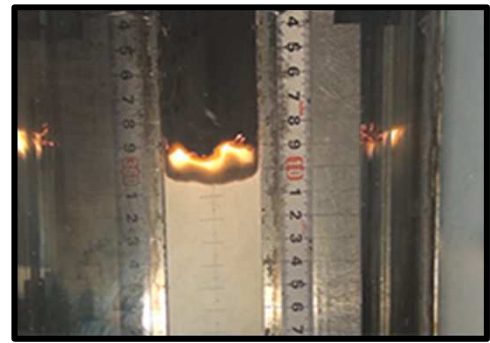
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,94	2	0,25
0,6	1,25	0,25
0,8	1,75	0,25
1,34	2	0,25
0,64	1,75	0,25

Mitjana 0,864      1,75      0,25  
 Mediana 0,8      1,75      0,25

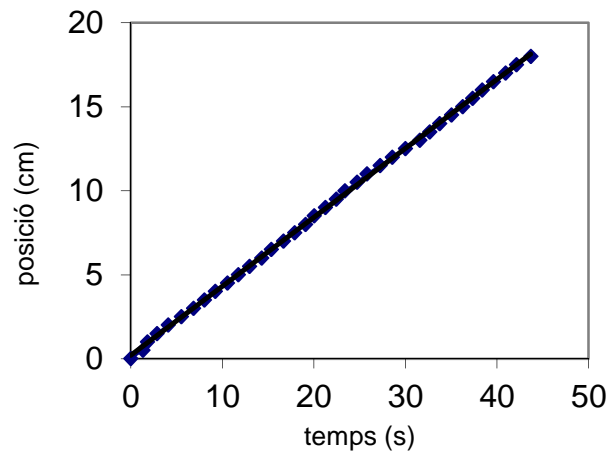
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
64	0,87	0,5
61	0,95	0,5
67	0,83	0,44
65	1,31	0,87
68	0,91	0,57

Mitjana 65      0,398      0,576  
 Mediana 65      0,39      0,5

**Data:** 08/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 30      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (03)      **Angle (°):** 30  
                     **Concentració (%):** 25  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
26,48	0	0	—
27,8	1,32	0,5	—
28,28	1,8	1	—
29,36	2,88	1,5	—
30,56	4,08	2	—
32	5,52	2,5	—
33,32	6,84	3	—
34,52	8,04	3,5	—
35,72	9,24	4	—
37,04	10,56	4,5	—
38,24	11,76	5	—
39,44	12,96	5,5	—
40,76	14,28	6	—
41,84	15,36	6,5	—
43,16	16,68	7	—
44,36	17,88	7,5	—
45,56	19,08	8	—
46,52	20,04	8,5	—
47,72	21,24	9	—
48,92	22,44	9,5	—
49,88	23,4	10	—
51,2	24,72	10,5	—
52,28	25,8	11	—
53,72	27,24	11,5	—
55,04	28,56	12	—
56,48	30	12,5	—
58,04	31,56	13	—
59,12	32,64	13,5	—
60,2	33,72	14	—
61,52	35,04	14,5	—
62,72	36,24	15	—
63,8	37,32	15,5	—
64,88	38,4	16	—
66,08	39,6	16,5	—
67,4	40,92	17	—
68,6	42,12	17,5	—
70,16	43,68	18	—



**v (cm/s)** 0,4106      **R<sup>2</sup>** 0,9997

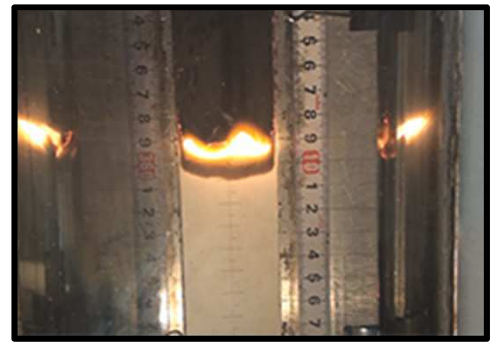
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,7	1,5	0,25
1	2	0,25
0,69	1,5	0,25
0,73	2	0,25
0,97	1,5	0,25

Mitjana 0,818      1,7      0,25  
 Mediana 0,73      1,5      0,25

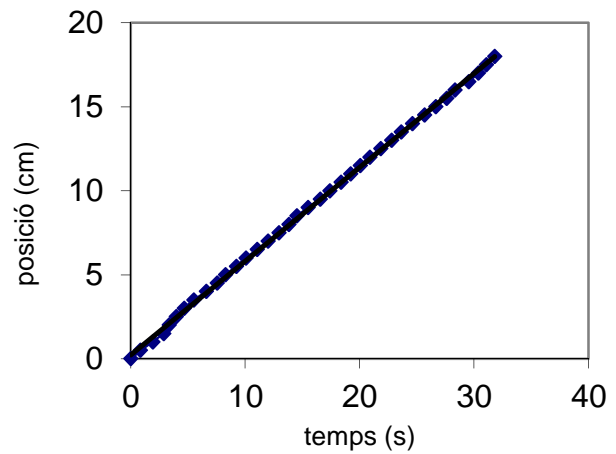
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
63	0,81	0,44
79	1,52	1,14
78	1,38	1,1
72	1,12	0,77
75	0,81	0,47

Mitjana 73,4      0,344      0,784  
 Mediana 75      0,35      0,77

**Data:** 08/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 31      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (04)      **Angle (°):** 30  
                     **Concentració (%):** 30  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
20,76	0	0	—
21,6	0,84	0,5	—
22,68	1,92	1	—
23,64	2,88	1,5	—
24,12	3,36	2	—
24,72	3,96	2,5	—
25,44	4,68	3	—
26,28	5,52	3,5	—
27,36	6,6	4	—
28,32	7,56	4,5	—
29,04	8,28	5	—
30	9,24	5,5	—
30,84	10,08	6	—
31,8	11,04	6,5	—
32,76	12	7	—
33,72	12,96	7,5	—
34,56	13,8	8	—
35,28	14,52	8,5	—
36,24	15,48	9	—
37,32	16,56	9,5	—
38,16	17,4	10	—
39,12	18,36	10,5	—
39,96	19,2	11	—
40,8	20,04	11,5	—
41,64	20,88	12	—
42,6	21,84	12,5	—
43,56	22,8	13	—
44,4	23,64	13,5	—
45,36	24,6	14	—
46,44	25,68	14,5	—
47,4	26,64	15	—
48,36	27,6	15,5	—
49,08	28,32	16	—
50,28	29,52	16,5	—
51,12	30,36	17	—
51,84	31,08	17,5	—
52,56	31,8	18	—



v (cm/s) 0,5581      R<sup>2</sup> 0,9994

L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,94	1,25	0,25
0,9	2	0,25
1,33	3	0,25
0,7	3	0,25
0,77	3	0,25

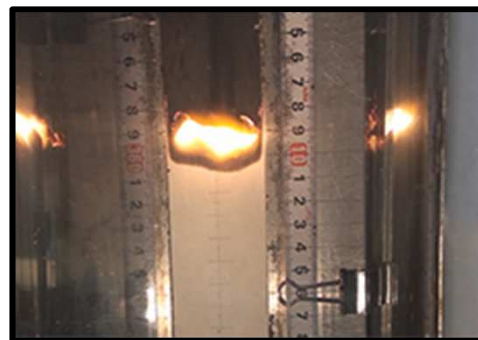
Mitjana 0,928      2,45      0,25  
 Mediana 0,9      3      0,25

Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
64	1,17	0,7
65	1,17	0,7
66	1,23	0,63
70	1,84	1,47
67	1,8	1,2

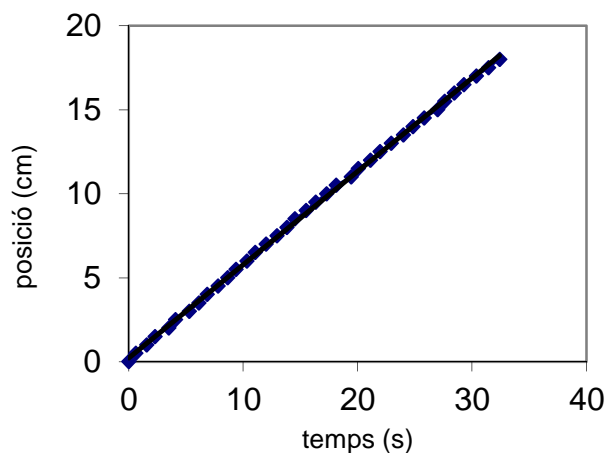
Mitjana 66,4      0,502      0,94  
 Mediana 66      0,47      0,7



**Data:** 08/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 32      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (05)      **Angle (°):** 30  
                     **Concentració (%):** 30  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
20,04	0	0	—
20,64	0,6	0,5	—
21,6	1,56	1	—
22,32	2,28	1,5	—
23,52	3,48	2	—
24,12	4,08	2,5	—
25,32	5,28	3	—
26,16	6,12	3,5	—
26,88	6,84	4	—
27,84	7,8	4,5	—
28,68	8,64	5	—
29,4	9,36	5,5	—
30,36	10,32	6	—
31,08	11,04	6,5	—
32,04	12	7	—
33	12,96	7,5	—
33,84	13,8	8	—
34,56	14,52	8,5	—
35,52	15,48	9	—
36,36	16,32	9,5	—
37,32	17,28	10	—
38,16	18,12	10,5	—
39,48	19,44	11	—
40,08	20,04	11,5	—
41,16	21,12	12	—
42	21,96	12,5	—
42,96	22,92	13	—
44,04	24	13,5	—
44,88	24,84	14	—
45,84	25,8	14,5	—
47,04	27	15	—
47,64	27,6	15,5	—
48,48	28,44	16	—
49,32	29,28	16,5	—
50,4	30,36	17	—
51,48	31,44	17,5	—
52,44	32,4	18	—



v (cm/s)    0,555      R<sup>2</sup>    0,9995

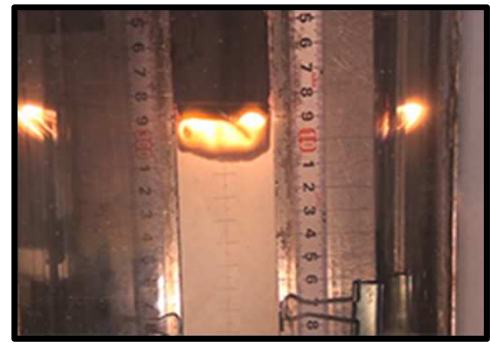
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,8	2	0,25
0,73	1,5	0,5
0,67	3	0,25
1	2	0,25
0,67	1,5	0,5

Mitjana    0,774      2      0,35  
 Mediana    0,73      2      0,25

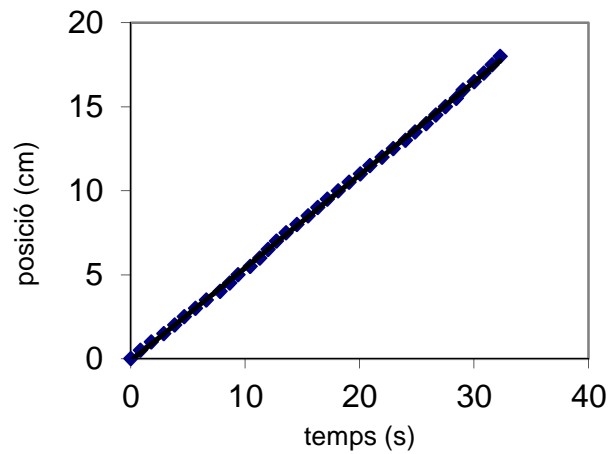
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
71	1,75	1,4
60	1,67	1,3
59	2,46	1,62
71	1,3	0,9
70	1,55	1,27

Mitjana    66,2      0,448      1,298  
 Mediana    70      0,37      1,3

**Data:** 08/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 33      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (06)      **Angle (°):** 30  
                     **Concentració (%):** 30  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
25,56	0	0	—
26,4	0,84	0,5	—
27,36	1,8	1	—
28,44	2,88	1,5	—
29,4	3,84	2	—
30,24	4,68	2,5	—
31,2	5,64	3	—
32,16	6,6	3,5	—
33,36	7,8	4	—
34,2	8,64	4,5	—
34,92	9,36	5	—
36	10,44	5,5	—
36,84	11,28	6	—
37,56	12	6,5	—
38,28	12,72	7	—
39,12	13,56	7,5	—
40,08	14,52	8	—
41,04	15,48	8,5	—
41,88	16,32	9	—
42,72	17,16	9,5	—
43,68	18,12	10	—
44,64	19,08	10,5	—
45,6	20,04	11	—
46,44	20,88	11,5	—
47,52	21,96	12	—
48,48	22,92	12,5	—
49,56	24	13	—
50,4	24,84	13,5	—
51,36	25,8	14	—
52,2	26,64	14,5	—
53,04	27,48	15	—
54	28,44	15,5	—
54,6	29,04	16	—
55,56	30	16,5	—
56,4	30,84	17	—
57,12	31,56	17,5	—
57,84	32,28	18	—



**v (cm/s)** 0,553      **R<sup>2</sup>** 0,9996

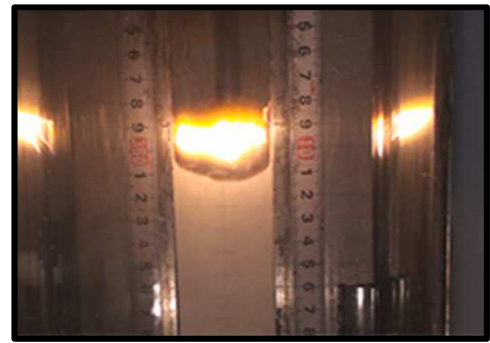
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,31	1,75	0,25
0,67	1,5	0,25
0,9	2	0,25
0,53	2	0,5
0,84	2	0,25

Mitjana 0,65      1,85      0,3  
 Mediana 0,67      2      0,25

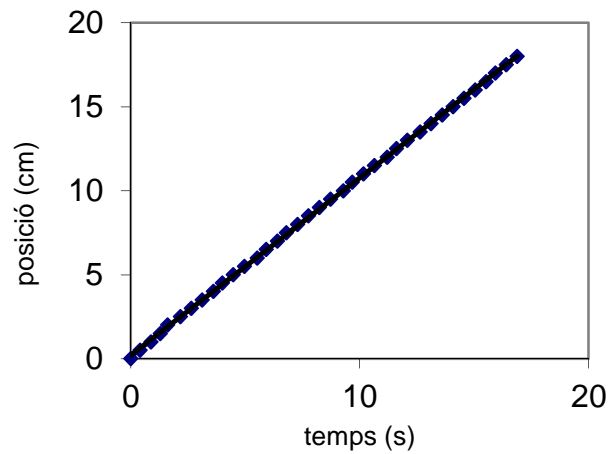
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
71	1,87	1,63
66	1,67	1,17
69	1,64	1,07
66,5	1,7	1,3
70	0,97	0,54

Mitjana 68,5      0,428      1,142  
 Mediana 69      0,43      1,17

**Data:** 08/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 34      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (07)      **Angle (°):** 30  
                     **Concentració (%):** 50  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
16,6	0	0	—
17	0,4	0,5	—
17,48	0,88	1	—
17,88	1,28	1,5	—
18,2	1,6	2	—
18,76	2,16	2,5	—
19,24	2,64	3	—
19,72	3,12	3,5	—
20,2	3,6	4	—
20,6	4	4,5	—
21,08	4,48	5	—
21,56	4,96	5,5	—
22,12	5,52	6	—
22,52	5,92	6,5	—
23	6,4	7	—
23,4	6,8	7,5	—
23,88	7,28	8	—
24,36	7,76	8,5	—
24,84	8,24	9	—
25,32	8,72	9,5	—
25,88	9,28	10	—
26,28	9,68	10,5	—
26,76	10,16	11	—
27,24	10,64	11,5	—
27,8	11,2	12	—
28,2	11,6	12,5	—
28,68	12,08	13	—
29,24	12,64	13,5	—
29,72	13,12	14	—
30,2	13,6	14,5	—
30,68	14,08	15	—
31,16	14,56	15,5	—
31,64	15,04	16	—
32,12	15,52	16,5	—
32,52	15,92	17	—
33	16,4	17,5	—
33,48	16,88	18	—



**v (cm/s)** 1,055      **R<sup>2</sup>** 0,9998

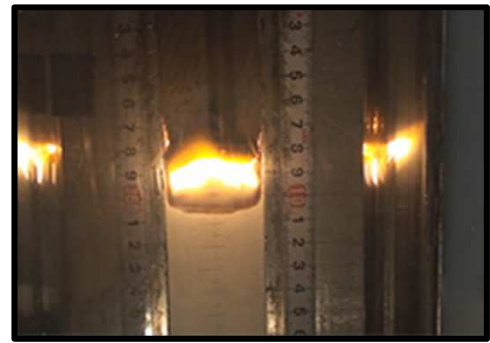
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,87	3	0,25
0,83	3	0,5
0,47	3	0,25
0,41	3	0,5
0,4	3	0,5

Mitjana 0,596      3      0,4  
 Mediana 0,47      3      0,5

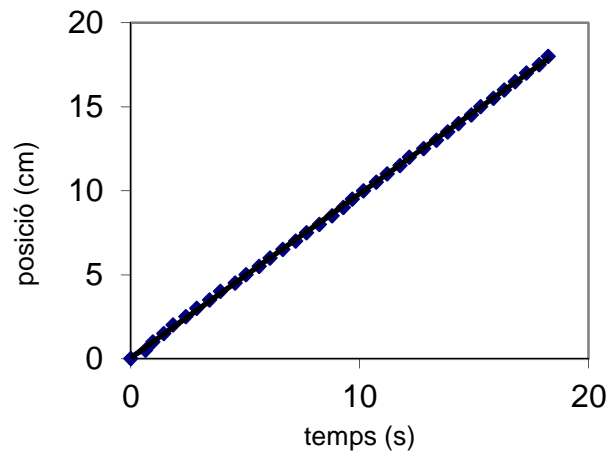
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
59	2,98	2,33
57	4,24	2,64
64	4,77	2,5
60	3,13	2,43
62	4,03	2,4

Mitjana 60,4      1,37      2,46  
 Mediana 60      1,6      2,43

**Data:** 08/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 35      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (08)      **Angle (°):** 30  
                     **Concentració (%):** 50  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
15,52	0	0	—
16,16	0,64	0,5	—
16,48	0,96	1	—
16,96	1,44	1,5	—
17,36	1,84	2	—
17,92	2,4	2,5	—
18,4	2,88	3	—
18,96	3,44	3,5	—
19,44	3,92	4	—
20,08	4,56	4,5	—
20,56	5,04	5	—
21,12	5,6	5,5	—
21,6	6,08	6	—
22,16	6,64	6,5	—
22,72	7,2	7	—
23,2	7,68	7,5	—
23,76	8,24	8	—
24,32	8,8	8,5	—
24,8	9,28	9	—
25,2	9,68	9,5	—
25,68	10,16	10	—
26,24	10,72	10,5	—
26,72	11,2	11	—
27,28	11,76	11,5	—
27,68	12,16	12	—
28,32	12,8	12,5	—
28,88	13,36	13	—
29,36	13,84	13,5	—
29,84	14,32	14	—
30,4	14,88	14,5	—
30,8	15,28	15	—
31,36	15,84	15,5	—
31,84	16,32	16	—
32,32	16,8	16,5	—
32,8	17,28	17	—
33,36	17,84	17,5	—
33,76	18,24	18	—



v (cm/s) 0,9759      R<sup>2</sup> 0,9998

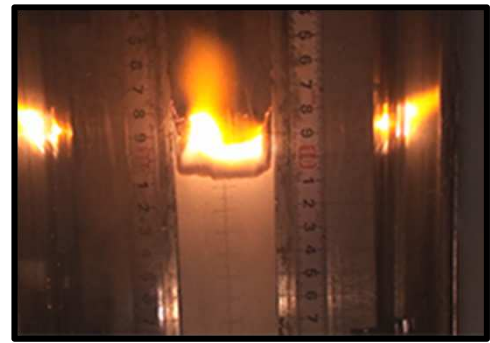
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1,1	3	0,25
1,5	3	0,5
0,57	3	0,5
0,77	3	0,25
1,24	3	0,5

Mitjana 1,036      3      0,4  
 Mediana 1,1      3      0,5

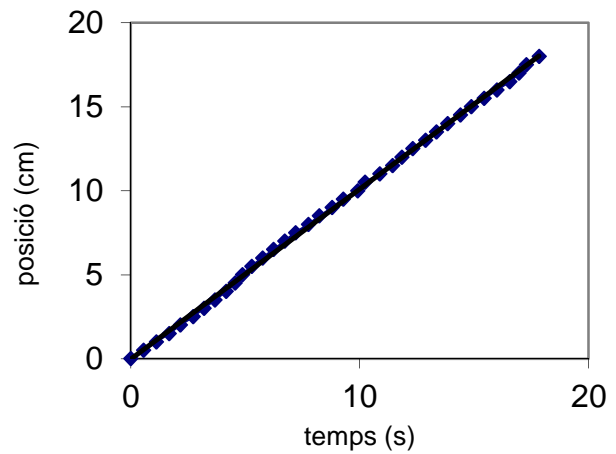
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
80	3,6	2,23
66	3,17	2,63
67	2,84	2,3
65	3,3	1,57
63	3,67	2,3

Mitjana 68,2      1,11      2,206  
 Mediana 66      1,37      2,3

**Data:** 08/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 36      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (09)      **Angle (°):** 30  
                                  **No canalitzat**      **Concentració (%):** 50



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
20,52	0	0	—
21,08	0,56	0,5	—
21,64	1,12	1	—
22,2	1,68	1,5	—
22,68	2,16	2	—
23,24	2,72	2,5	—
23,72	3,2	3	—
24,2	3,68	3,5	—
24,68	4,16	4	—
25,08	4,56	4,5	—
25,4	4,88	5	—
25,8	5,28	5,5	—
26,28	5,76	6	—
26,76	6,24	6,5	—
27,24	6,72	7	—
27,72	7,2	7,5	—
28,28	7,76	8	—
28,76	8,24	8,5	—
29,32	8,8	9	—
29,8	9,28	9,5	—
30,44	9,92	10	—
30,76	10,24	10,5	—
31,4	10,88	11	—
31,96	11,44	11,5	—
32,36	11,84	12	—
32,84	12,32	12,5	—
33,4	12,88	13	—
33,88	13,36	13,5	—
34,36	13,84	14	—
34,92	14,4	14,5	—
35,4	14,88	15	—
35,96	15,44	15,5	—
36,52	16	16	—
37,08	16,56	16,5	—
37,48	16,96	17	—
37,8	17,28	17,5	—
38,36	17,84	18	—



v (cm/s) 1,0122      R<sup>2</sup> 0,9993

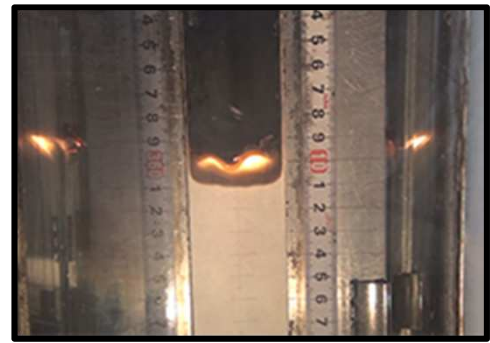
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,84	3	0,5
1,27	3	0,25
1,24	3	0,5
1,43	3	0,5
0,5	3	0,5

Mitjana 1,056      3      0,45  
 Mediana 1,24      3      0,5

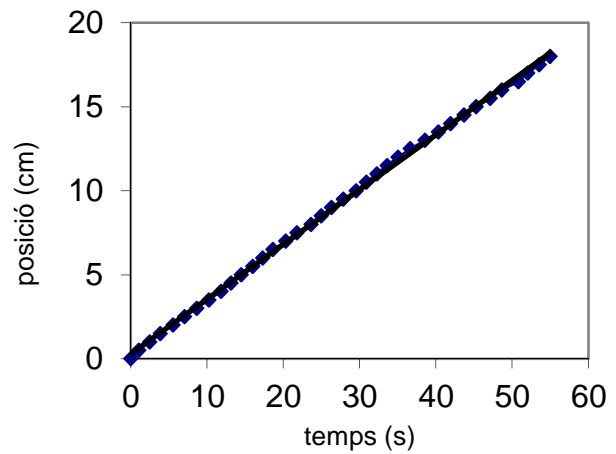
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
57	3,77	1,27
56	1,8	0,97
74	4,3	1,7
66	4,36	1,63
67	3,43	1,83

Mitjana 64      2,052      1,48  
 Mediana 66      2,5      1,63

**Data:** 09/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 37      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (01)      **Angle (°):** 20  
                     **Concentració (%):** 22  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
27,68	0	0	—
28,72	1,04	0,5	—
30,16	2,48	1	—
31,52	3,84	1,5	—
33,2	5,52	2	—
34,72	7,04	2,5	—
36,32	8,64	3	—
37,92	10,24	3,5	—
39,52	11,84	4	—
40,8	13,12	4,5	—
42,16	14,48	5	—
43,68	16	5,5	—
44,96	17,28	6	—
46,32	18,64	6,5	—
48	20,32	7	—
49,44	21,76	7,5	—
51,28	23,6	8	—
52,64	24,96	8,5	—
54	26,32	9	—
55,52	27,84	9,5	—
57,2	29,52	10	—
58,56	30,88	10,5	—
59,92	32,24	11	—
61,28	33,6	11,5	—
62,72	35,04	12	—
64,32	36,64	12,5	—
66,24	38,56	13	—
68	40,32	13,5	—
69,6	41,92	14	—
71,36	43,68	14,5	—
72,96	45,28	15	—
74,8	47,12	15,5	—
76,32	48,64	16	—
78,48	50,8	16,5	—
79,68	52	17	—
81,2	53,52	17,5	—
82,64	54,96	18	—



v (cm/s)    0,326      R<sup>2</sup>    0,9991

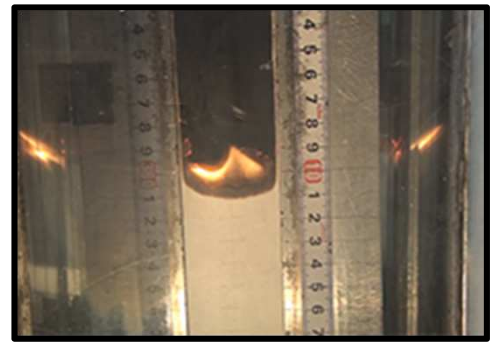
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,47	1,5	0,25
0,57	1,5	0,25
0,67	1,75	0,25
0,77	1,75	0,25
0,67	1,5	0,25

Mitjana    0,63      1,6      0,25  
 Mediana    0,67      1,5      0,25

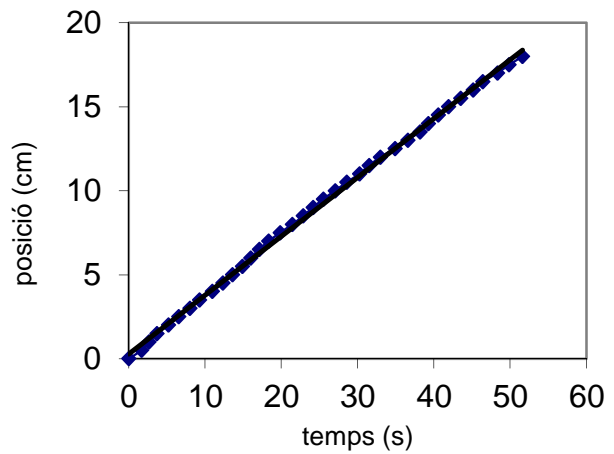
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
74	0,67	0,37
77	0,71	0,53
85	1,1	0,9
77	0,61	0,37
70	0,92	0,58

Mitjana    76,6      0,252      0,55  
 Mediana    77      0,24      0,53

**Data:** 09/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 38      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (02)      **Angle (°):** 20  
                     **Concentració (%):** 22  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
27,64	0	0	—
29,32	1,68	0,5	—
30,28	2,64	1	—
31,32	3,68	1,5	—
32,84	5,2	2	—
34,2	6,56	2,5	—
35,64	8	3	—
36,92	9,28	3,5	—
38,6	10,96	4	—
39,96	12,32	4,5	—
41,24	13,6	5	—
42,52	14,88	5,5	—
43,64	16	6	—
44,76	17,12	6,5	—
45,96	18,32	7	—
47,48	19,84	7,5	—
49,08	21,44	8	—
50,52	22,88	8,5	—
51,8	24,16	9	—
53,16	25,52	9,5	—
54,68	27,04	10	—
56,2	28,56	10,5	—
57,88	30,24	11	—
59,16	31,52	11,5	—
60,6	32,96	12	—
62,52	34,88	12,5	—
64,2	36,56	13	—
65,8	38,16	13,5	—
66,92	39,28	14	—
68,2	40,56	14,5	—
69,56	41,92	15	—
71,16	43,52	15,5	—
72,76	45,12	16	—
74,04	46,4	16,5	—
75,96	48,32	17	—
77,48	49,84	17,5	—
79,24	51,6	18	—



v (cm/s) 0,3505      R<sup>2</sup> 0,9988

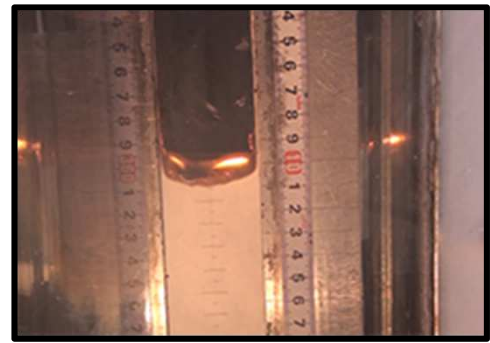
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,9	2,5	0,25
0,67	1,5	0,25
1,3	2	0,25
0,81	1,75	0,25
0,91	1,75	0,25

Mitjana 0,918      1,9      0,25  
 Mediana 0,9      1,75      0,25

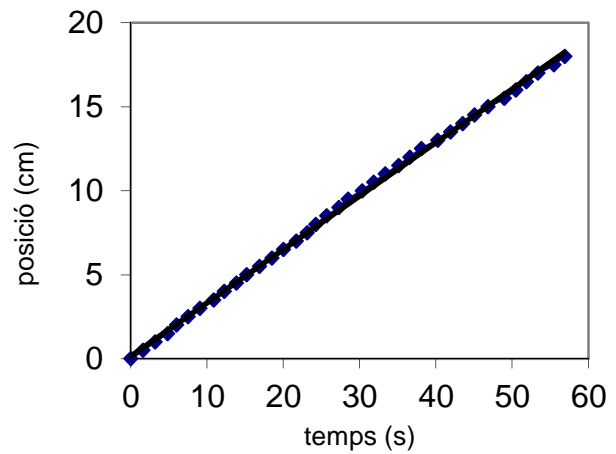
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
87	0,98	0,57
76	0,48	0,28
64	0,65	0,41
69	0,6	0,33
62	1,01	0,67

Mitjana 71,6      0,292      0,452  
 Mediana 69      0,27      0,41

**Data:** 09/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 39      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (03)      **Angle (°):** 20  
                     **Concentració (%):** 22  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
22,56	0	0	—
24,16	1,6	0,5	—
25,76	3,2	1	—
27,36	4,8	1,5	—
28,56	6	2	—
30,08	7,52	2,5	—
31,6	9,04	3	—
33,44	10,88	3,5	—
34,8	12,24	4	—
36,4	13,84	4,5	—
37,76	15,2	5	—
39,44	16,88	5,5	—
41,04	18,48	6	—
42,56	20	6,5	—
44,24	21,68	7	—
45,68	23,12	7,5	—
46,8	24,24	8	—
48,24	25,68	8,5	—
49,84	27,28	9	—
51,04	28,48	9,5	—
52,88	30,32	10	—
54,4	31,84	10,5	—
55,92	33,36	11	—
57,68	35,12	11,5	—
59,12	36,56	12	—
60,64	38,08	12,5	—
62,8	40,24	13	—
64,48	41,92	13,5	—
66,08	43,52	14	—
67,6	45,04	14,5	—
69,36	46,8	15	—
71,52	48,96	15,5	—
73,04	50,48	16	—
74,4	51,84	16,5	—
75,92	53,36	17	—
78	55,44	17,5	—
79,44	56,88	18	—



**v (cm/s)** 0,3181      **R<sup>2</sup>** 0,9992

L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,84	1,75	0,25
0,93	1,5	0,25
0,87	1,5	0,25
0,87	1,5	0,25
0,54	1,5	0,25

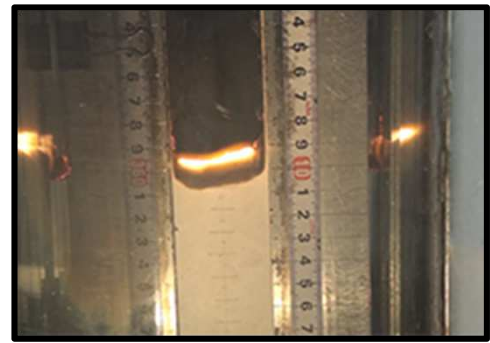
Mitjana 0,81      1,55      0,25  
 Mediana 0,87      1,5      0,25

Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
82	0,88	0,6
66	0,93	0,64
75	0,68	0,31
75	0,7	0,38
74	0,52	0,32

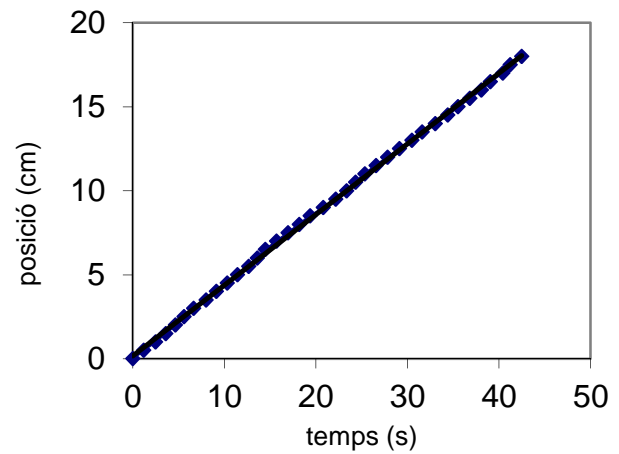
Mitjana 74,4      0,292      0,45  
 Mediana 75      0,29      0,38



**Data:** 09/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 40      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (04)      **Angle (°):** 20  
                     **Concentració (%):** 25  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
22,4	0	0	—
23,6	1,2	0,5	—
24,88	2,48	1	—
26	3,6	1,5	—
27,04	4,64	2	—
28	5,6	2,5	—
29,04	6,64	3	—
30,4	8	3,5	—
31,52	9,12	4	—
32,72	10,32	4,5	—
33,84	11,44	5	—
35,04	12,64	5,5	—
36	13,6	6	—
36,88	14,48	6,5	—
38,08	15,68	7	—
39,36	16,96	7,5	—
40,56	18,16	8	—
41,76	19,36	8,5	—
43,2	20,8	9	—
44,56	22,16	9,5	—
45,76	23,36	10	—
46,72	24,32	10,5	—
47,76	25,36	11	—
48,96	26,56	11,5	—
50,24	27,84	12	—
51,52	29,12	12,5	—
52,88	30,48	13	—
54	31,6	13,5	—
55,44	33,04	14	—
56,8	34,4	14,5	—
57,92	35,52	15	—
59,2	36,8	15,5	—
60,48	38,08	16	—
61,44	39,04	16,5	—
62,8	40,4	17	—
63,6	41,2	17,5	—
64,88	42,48	18	—



v (cm/s) 0,4206      R<sup>2</sup> 0,9994

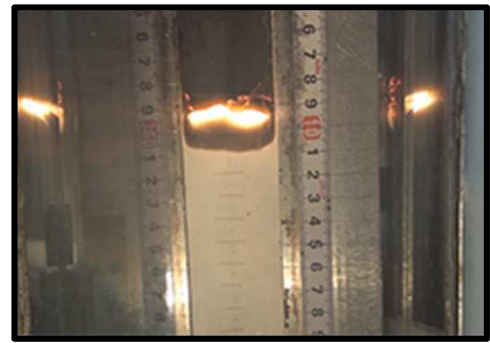
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,67	3	0,5
0,8	3	0,25
0,81	3	0,25
0,84	3	0,5
0,84	3	0,25

Mitjana 0,792      3      0,35  
 Mediana 0,81      3      0,25

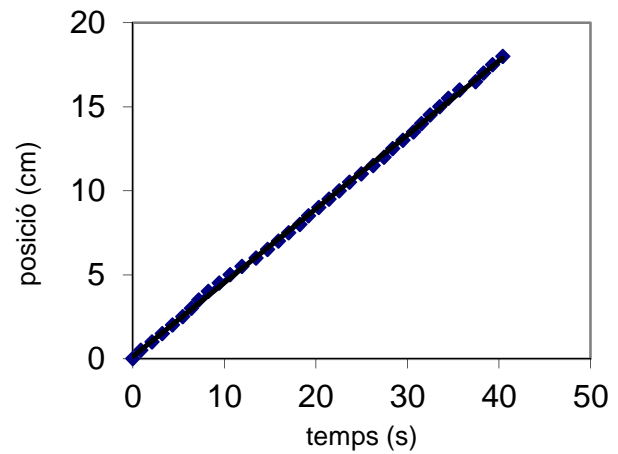
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
77	1,02	0,7
80	0,66	0,34
71	0,66	0,38
78	0,98	0,67
74	0,78	0,54

Mitjana 76      0,294      0,526  
 Mediana 77      0,31      0,54

**Data:** 09/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 41      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (05)      **Angle (°):** 20  
                     **Concentració (%):** 25  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
19,36	0	0	—
20,24	0,88	0,5	—
21,44	2,08	1	—
22,56	3,2	1,5	—
23,68	4,32	2	—
24,8	5,44	2,5	—
25,76	6,4	3	—
26,56	7,2	3,5	—
27,6	8,24	4	—
28,8	9,44	4,5	—
30	10,64	5	—
31,28	11,92	5,5	—
32,8	13,44	6	—
34,08	14,72	6,5	—
35,28	15,92	7	—
36,4	17,04	7,5	—
37,6	18,24	8	—
38,56	19,2	8,5	—
39,68	20,32	9	—
40,8	21,44	9,5	—
41,92	22,56	10	—
43,04	23,68	10,5	—
44,32	24,96	11	—
45,6	26,24	11,5	—
46,8	27,44	12	—
47,76	28,4	12,5	—
48,88	29,52	13	—
50	30,64	13,5	—
50,88	31,52	14	—
51,84	32,48	14,5	—
52,88	33,52	15	—
53,84	34,48	15,5	—
55,04	35,68	16	—
56,8	37,44	16,5	—
57,68	38,32	17	—
58,64	39,28	17,5	—
59,76	40,4	18	—



v (cm/s) 0,4399      R<sup>2</sup> 0,9995

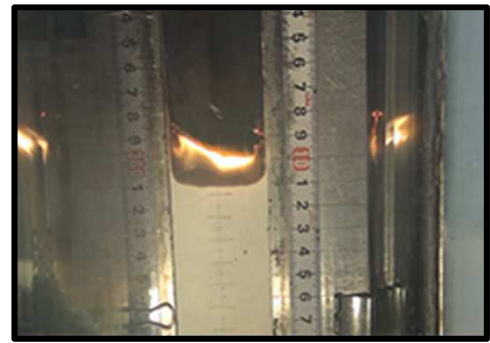
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1,1	2	0,25
1,04	3	0,25
1	3	0,5
0,7	3	0,25
1,31	2	0,25

Mitjana 1,03      2,6      0,3  
 Mediana 1,04      3      0,25

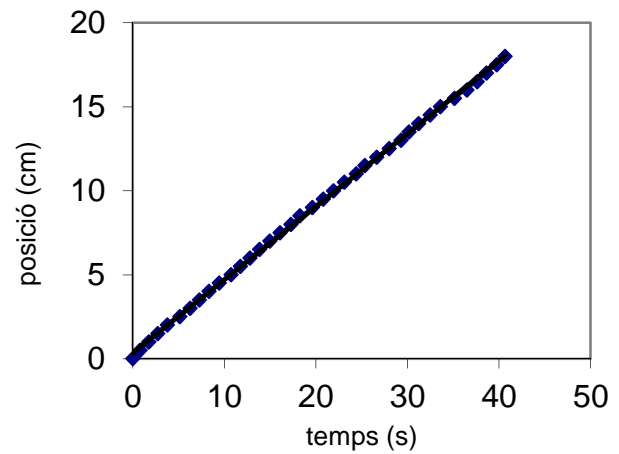
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
76	0,82	0,47
67	0,85	0,57
68	0,67	0,47
73	1,17	0,77
82	0,81	0,57

Mitjana 73,2      0,294      0,57  
 Mediana 73      0,28      0,57

**Data:** 09/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 42      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (06)      **Angle (°):** 20  
                     **Concentració (%):** 25  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
5,08	0	0	—
5,88	0,8	0,5	—
6,84	1,76	1	—
7,8	2,72	1,5	—
8,84	3,76	2	—
10,2	5,12	2,5	—
11,32	6,24	3	—
12,36	7,28	3,5	—
13,4	8,32	4	—
14,52	9,44	4,5	—
15,8	10,72	5	—
16,84	11,76	5,5	—
17,88	12,8	6	—
18,92	13,84	6,5	—
20,04	14,96	7	—
21,16	16,08	7,5	—
22,36	17,28	8	—
23,32	18,24	8,5	—
24,68	19,6	9	—
25,88	20,8	9,5	—
27	21,92	10	—
28,2	23,12	10,5	—
29,48	24,4	11	—
30,44	25,36	11,5	—
31,72	26,64	12	—
33,08	28	12,5	—
34,36	29,28	13	—
35,24	30,16	13,5	—
36,28	31,2	14	—
37,56	32,48	14,5	—
38,68	33,6	15	—
40,2	35,12	15,5	—
41,56	36,48	16	—
42,68	37,6	16,5	—
43,72	38,64	17	—
44,84	39,76	17,5	—
45,72	40,64	18	—



**v (cm/s)** 0,4347      **R<sup>2</sup>** 0,9995

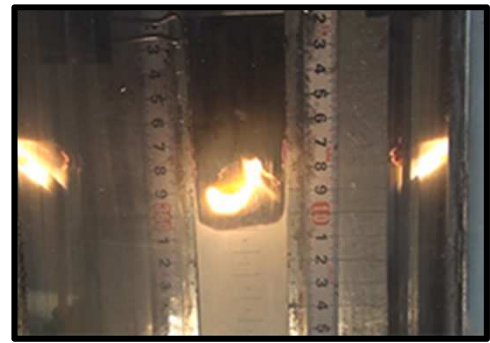
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,98	3	0,25
1,17	3	0,25
0,87	3	0,25
1	3	0,5
0,87	3	0,25

Mitjana 0,978      3      0,3  
 Mediana 0,98      3      0,25

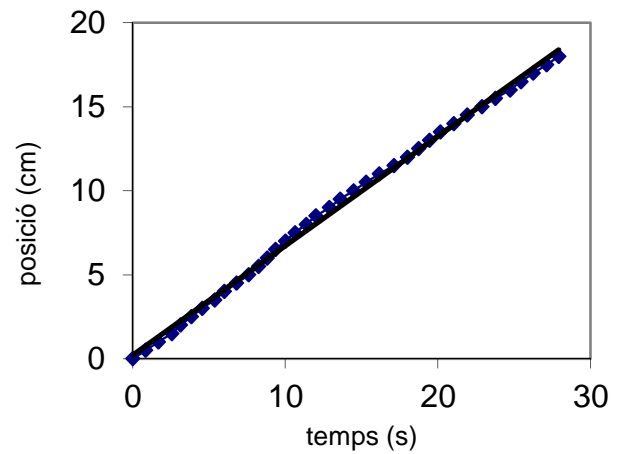
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
73	0,82	0,5
70	0,78	0,55
73	2,25	1,77
74	1,07	0,7
75	0,84	0,45

Mitjana 73      0,358      0,794  
 Mediana 73      0,37      0,55

**Data:** 10/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 43      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (01)      **Angle (°):** 20  
                     **Concentració (%):** 30  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
19,16	0	0	—
20	0,84	0,5	—
20,84	1,68	1	—
21,72	2,56	1,5	—
22,28	3,12	2	—
23	3,84	2,5	—
23,72	4,56	3	—
24,52	5,36	3,5	—
25,16	6	4	—
25,96	6,8	4,5	—
26,76	7,6	5	—
27,4	8,24	5,5	—
27,96	8,8	6	—
28,52	9,36	6,5	—
29,16	10	7	—
29,8	10,64	7,5	—
30,52	11,36	8	—
31,16	12	8,5	—
32,04	12,88	9	—
32,76	13,6	9,5	—
33,64	14,48	10	—
34,44	15,28	10,5	—
35,32	16,16	11	—
36,28	17,12	11,5	—
37,16	18	12	—
37,88	18,72	12,5	—
38,6	19,44	13	—
39,32	20,16	13,5	—
40,2	21,04	14	—
41,08	21,92	14,5	—
42,04	22,88	15	—
42,92	23,76	15,5	—
43,88	24,72	16	—
44,6	25,44	16,5	—
45,4	26,24	17	—
46,28	27,12	17,5	—
47,08	27,92	18	—



**v (cm/s)** 0,6518      **R<sup>2</sup>** 0,9976

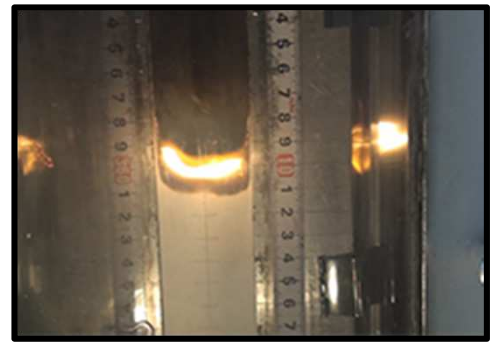
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,91	3	0,5
1,24	3	0,5
0,84	3	0,5
1,04	3	0,25
1,67	3	0,25

Mitjana 1,14      3      0,4  
 Mediana 1,04      3      0,5

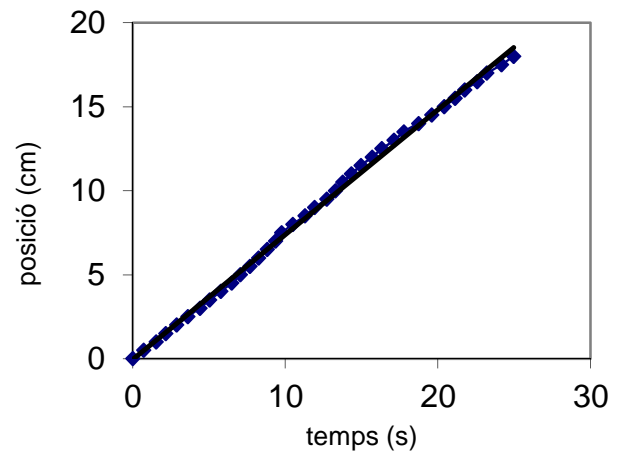
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
78	2,34	1,57
80	1,34	0,77
70	0,94	0,57
77	1,04	0,64
76	1,41	1,04

Mitjana 76,2      0,496      0,918  
 Mediana 77      0,4      0,77

**Data:** 10/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 44      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (02)      **Angle (°):** 20  
                     **Concentració (%):** 30  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
24,28	0	0	—
25	0,72	0,5	—
25,8	1,52	1	—
26,44	2,16	1,5	—
27,16	2,88	2	—
27,88	3,6	2,5	—
28,68	4,4	3	—
29,32	5,04	3,5	—
30,04	5,76	4	—
30,76	6,48	4,5	—
31,32	7,04	5	—
31,96	7,68	5,5	—
32,52	8,24	6	—
33,08	8,8	6,5	—
33,64	9,36	7	—
34,04	9,76	7,5	—
34,76	10,48	8	—
35,56	11,28	8,5	—
36,2	11,92	9	—
37	12,72	9,5	—
37,56	13,28	10	—
38,04	13,76	10,5	—
38,6	14,32	11	—
39,24	14,96	11,5	—
39,96	15,68	12	—
40,6	16,32	12,5	—
41,4	17,12	13	—
42,04	17,76	13,5	—
43	18,72	14	—
43,88	19,6	14,5	—
44,68	20,4	15	—
45,4	21,12	15,5	—
46,04	21,76	16	—
46,84	22,56	16,5	—
47,48	23,2	17	—
48,44	24,16	17,5	—
49,24	24,96	18	—



**v (cm/s)** 0,7433      **R<sup>2</sup>** 0,998

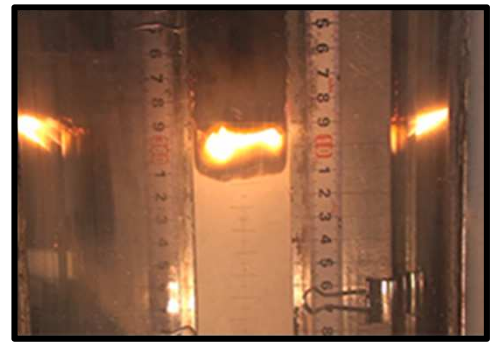
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,9	3	0,5
1,07	3	0,5
1,07	3	0,75
1,17	3	0,5
1,11	3	0,25

Mitjana 1,064      3      0,5  
 Mediana 1,07      3      0,5

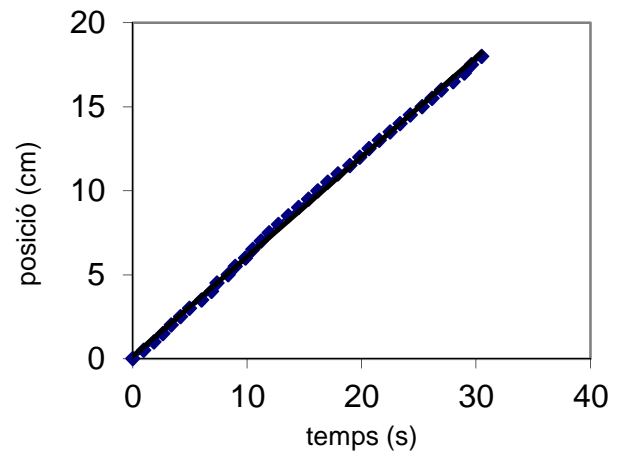
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
82	2,17	1,37
68	1,24	0,87
77	2,7	1,63
78	1,85	1,41
76	2,31	1,9

Mitjana 76,2      0,618      1,436  
 Mediana 77      0,44      1,41

**Data:** 10/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 45      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (03)      **Angle (°):** 20  
                     **Concentració (%):** 30  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
19,12	0	0	—
20,08	0,96	0,5	—
20,96	1,84	1	—
21,76	2,64	1,5	—
22,48	3,36	2	—
23,28	4,16	2,5	—
24,08	4,96	3	—
25,12	6	3,5	—
26	6,88	4	—
26,48	7,36	4,5	—
27,44	8,32	5	—
28,08	8,96	5,5	—
28,96	9,84	6	—
29,6	10,48	6,5	—
30,32	11,2	7	—
31,04	11,92	7,5	—
31,84	12,72	8	—
32,72	13,6	8,5	—
33,6	14,48	9	—
34,48	15,36	9,5	—
35,28	16,16	10	—
36,16	17,04	10,5	—
37,04	17,92	11	—
38,08	18,96	11,5	—
38,96	19,84	12	—
39,76	20,64	12,5	—
40,64	21,52	13	—
41,6	22,48	13,5	—
42,48	23,36	14	—
43,36	24,24	14,5	—
44,4	25,28	15	—
45,28	26,16	15,5	—
46,08	26,96	16	—
47,12	28	16,5	—
48,08	28,96	17	—
48,72	29,6	17,5	—
49,6	30,48	18	—



v (cm/s)    0,593      R<sup>2</sup>    0,9988

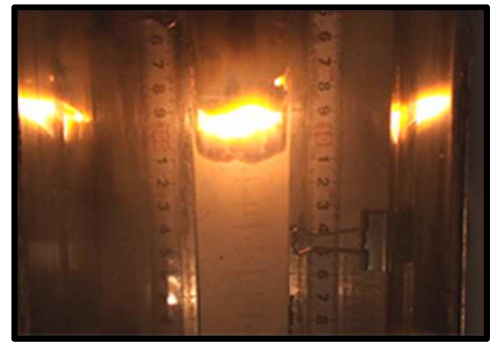
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,32	3	0,5
2,2	3	0,5
1,1	3	0,5
0,74	3	0,25
0,7	3	0,5

Mitjana    1,012      3      0,45  
 Mediana    0,74      3      0,5

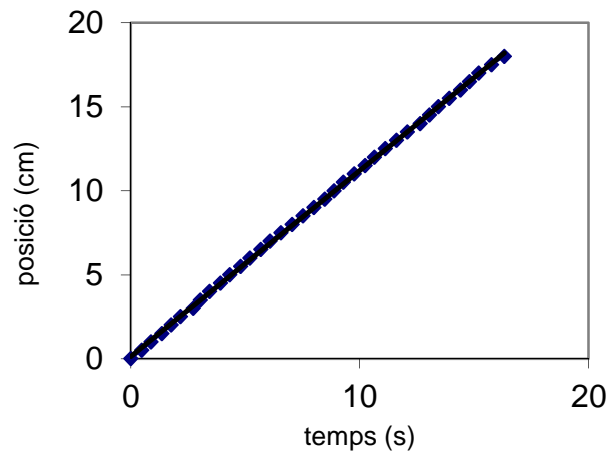
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
81	2,6	1,6
73	0,94	0,6
75	0,64	0,34
77	1,82	1,2
74	1,97	1,47

Mitjana    76      0,552      1,042  
 Mediana    75      0,5      1,2

**Data:** 10/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 46      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (04)      **Angle (°):** 20  
                     **Concentració (%):** 50  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
15,44	0	0	—
15,92	0,48	0,5	—
16,32	0,88	1	—
16,8	1,36	1,5	—
17,2	1,76	2	—
17,6	2,16	2,5	—
18,16	2,72	3	—
18,48	3,04	3,5	—
18,88	3,44	4	—
19,36	3,92	4,5	—
19,76	4,32	5	—
20,24	4,8	5,5	—
20,64	5,2	6	—
21,12	5,68	6,5	—
21,52	6,08	7	—
22	6,56	7,5	—
22,48	7,04	8	—
22,96	7,52	8,5	—
23,44	8	9	—
23,92	8,48	9,5	—
24,32	8,88	10	—
24,72	9,28	10,5	—
25,2	9,76	11	—
25,68	10,24	11,5	—
26,08	10,64	12	—
26,56	11,12	12,5	—
27,04	11,6	13	—
27,52	12,08	13,5	—
28,08	12,64	14	—
28,48	13,04	14,5	—
28,88	13,44	15	—
29,36	13,92	15,5	—
29,84	14,4	16	—
30,24	14,8	16,5	—
30,64	15,2	17	—
31,2	15,76	17,5	—
31,76	16,32	18	—



**v (cm/s)** 1,1076      **R<sup>2</sup>** 0,9997

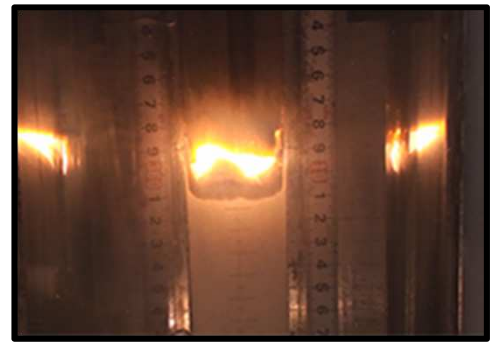
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1,84	5	0,5
1,24	5	0,75
1,3	5	0,5
1,77	5	1
0,87	5	0,75

Mitjana 1,404      5      0,7  
 Mediana 1,3      5      0,75

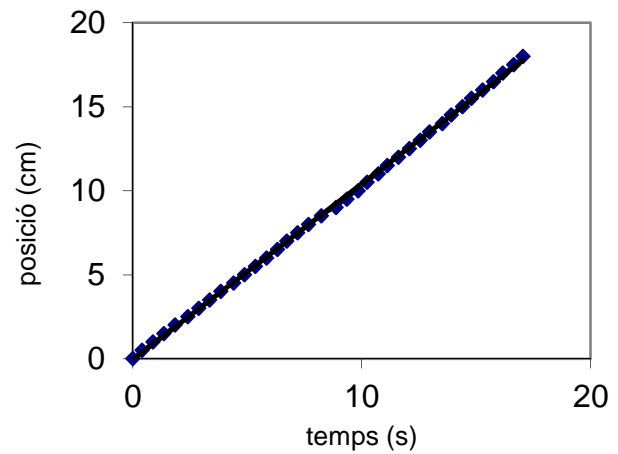
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
68	3,44	0,97
77	4	2,1
70	2,97	1,07
77	3,19	0,57
72	3,73	1,4

Mitjana 72,8      2,244      1,222  
 Mediana 72      2,33      1,07

**Data:** 11/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 47      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (01)      **Angle (°):** 20  
                     **Concentració (%):** 50  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
17,72	0	0	—
18,12	0,4	0,5	—
18,6	0,88	1	—
19,08	1,36	1,5	—
19,56	1,84	2	—
20,12	2,4	2,5	—
20,6	2,88	3	—
21,08	3,36	3,5	—
21,56	3,84	4	—
22,12	4,4	4,5	—
22,6	4,88	5	—
23,08	5,36	5,5	—
23,56	5,84	6	—
24,04	6,32	6,5	—
24,44	6,72	7	—
24,92	7,2	7,5	—
25,4	7,68	8	—
25,96	8,24	8,5	—
26,6	8,88	9	—
27,08	9,36	9,5	—
27,56	9,84	10	—
27,96	10,24	10,5	—
28,44	10,72	11	—
28,84	11,12	11,5	—
29,32	11,6	12	—
29,8	12,08	12,5	—
30,28	12,56	13	—
30,68	12,96	13,5	—
31,24	13,52	14	—
31,64	13,92	14,5	—
32,12	14,4	15	—
32,52	14,8	15,5	—
33	15,28	16	—
33,48	15,76	16,5	—
33,88	16,16	17	—
34,36	16,64	17,5	—
34,76	17,04	18	—



**v (cm/s)** 1,044      **R<sup>2</sup>** 0,9996

L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,87	5	0,5
1	5	0,5
1,23	5	0,75
1,17	5	0,25
1,13	5	0,5

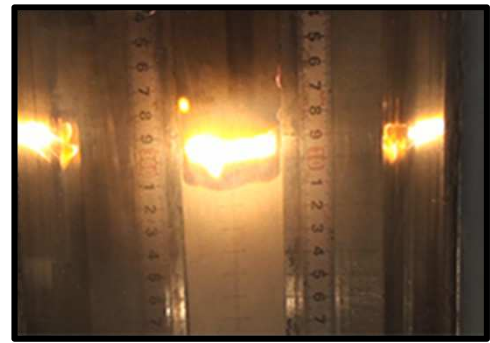
Mitjana 1,08      5      0,5  
 Mediana 1,13      5      0,5

Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
67	3,06	2,13
71	4,3	2,23
73	4,2	2,97
67	3,27	1,07
60	2,44	0,87

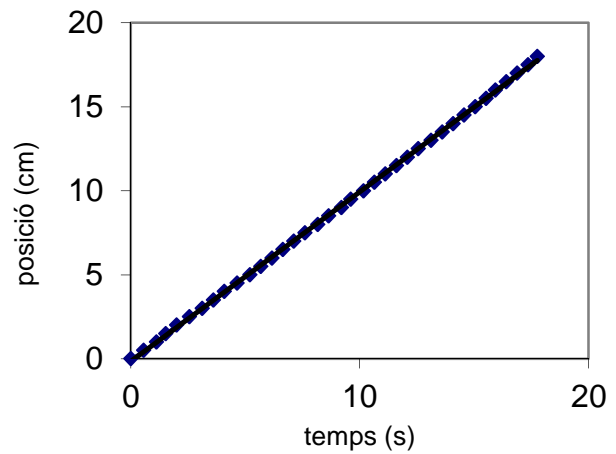
Mitjana 67,6      1,6      1,854  
 Mediana 67      1,57      2,13



**Data:** 11/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 48      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (02)      **Angle (°):** 20  
                     **Concentració (%):** 50  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
17	0	0	—
17,56	0,56	0,5	—
18,12	1,12	1	—
18,52	1,52	1,5	—
19	2	2	—
19,56	2,56	2,5	—
20,12	3,12	3	—
20,6	3,6	3,5	—
21,08	4,08	4	—
21,64	4,64	4,5	—
22,2	5,2	5	—
22,68	5,68	5,5	—
23,16	6,16	6	—
23,64	6,64	6,5	—
24,12	7,12	7	—
24,6	7,6	7,5	—
25,16	8,16	8	—
25,64	8,64	8,5	—
26,2	9,2	9	—
26,6	9,6	9,5	—
27,16	10,16	10	—
27,64	10,64	10,5	—
28,12	11,12	11	—
28,6	11,6	11,5	—
29,08	12,08	12	—
29,56	12,56	12,5	—
30,12	13,12	13	—
30,6	13,6	13,5	—
31,08	14,08	14	—
31,56	14,56	14,5	—
32,04	15,04	15	—
32,52	15,52	15,5	—
32,92	15,92	16	—
33,4	16,4	16,5	—
33,88	16,88	17	—
34,36	17,36	17,5	—
34,76	17,76	18	—



**v (cm/s)** 1,0088      **R<sup>2</sup>** 0,9997

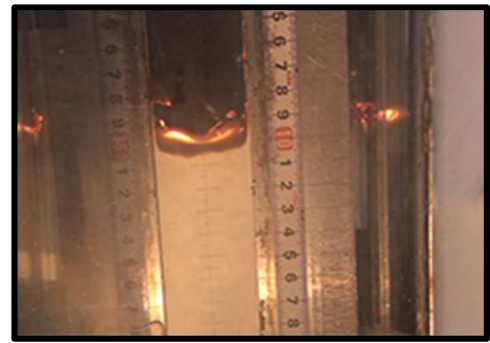
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,83	5	0,5
0,73	5	0,25
0,93	5	0,5
1,07	5	0,75
0,83	5	0,5

Mitjana 0,878      5      0,5  
 Mediana 0,83      5      0,5

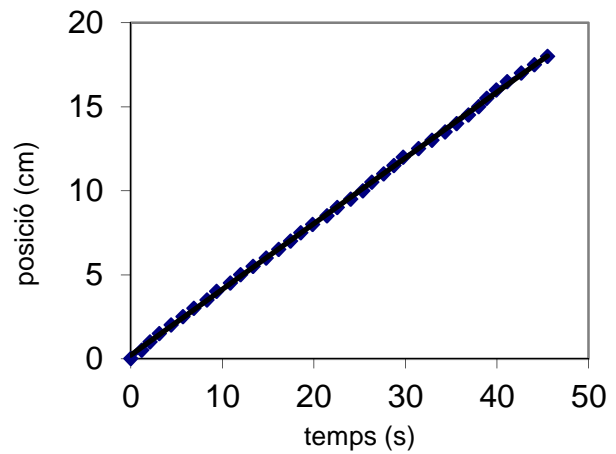
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
78	3,57	2,53
73	3,33	2,33
74	3,33	1,4
81	2,93	1,3
78	2,74	1,4

Mitjana 76,8      1,388      1,792  
 Mediana 78      1,34      1,4

**Data:** 11/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 49      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (03)      **Angle (°):** 10  
                                  **No canalitzat**      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
21,28	0	0	—
22,48	1,2	0,5	—
23,36	2,08	1	—
24,4	3,12	1,5	—
25,68	4,4	2	—
26,96	5,68	2,5	—
28,16	6,88	3	—
29,6	8,32	3,5	—
30,64	9,36	4	—
32,16	10,88	4,5	—
33,28	12	5	—
34,64	13,36	5,5	—
36,08	14,8	6	—
37,44	16,16	6,5	—
38,72	17,44	7	—
39,84	18,56	7,5	—
41,12	19,84	8	—
42,72	21,44	8,5	—
43,84	22,56	9	—
45,28	24	9,5	—
46,64	25,36	10	—
47,6	26,32	10,5	—
48,88	27,6	11	—
50	28,72	11,5	—
51,04	29,76	12	—
52,72	31,44	12,5	—
54,16	32,88	13	—
55,6	34,32	13,5	—
56,88	35,6	14	—
58,16	36,88	14,5	—
59,28	38	15	—
60,16	38,88	15,5	—
61,2	39,92	16	—
62,4	41,12	16,5	—
63,92	42,64	17	—
65,36	44,08	17,5	—
66,8	45,52	18	—



v (cm/s) 0,3918      R<sup>2</sup> 0,9997

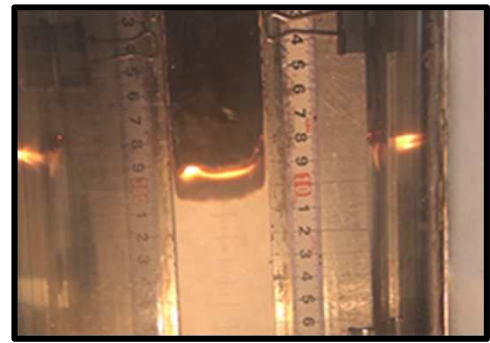
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,94	2	0,25
0,77	1,75	0
1,1	2	0
1,2	2	0,25
0,48	2	0,25

Mitjana 0,898      1,95      0,15  
 Mediana 0,94      2      0,25

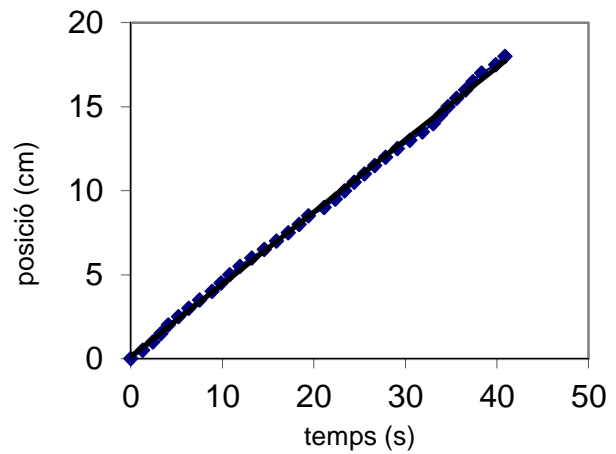
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
77	0,63	0,29
83	0,57	0,4
78	0,64	0,47
80	0,65	0,37
82	1,07	0,83

Mitjana 80      0,24      0,472  
 Mediana 80      0,24      0,4

**Data:** 11/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 50      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (04)      **Angle (°):** 10  
                     **Concentració (%):** 22  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
23,84	0	0	—
25,12	1,28	0,5	—
26,24	2,4	1	—
27,12	3,28	1,5	—
27,92	4,08	2	—
29,04	5,2	2,5	—
30,16	6,32	3	—
31,36	7,52	3,5	—
32,72	8,88	4	—
33,68	9,84	4,5	—
34,64	10,8	5	—
35,76	11,92	5,5	—
37,04	13,2	6	—
38,4	14,56	6,5	—
39,76	15,92	7	—
41,04	17,2	7,5	—
42,24	18,4	8	—
43,24	19,4	8,5	—
44,96	21,12	9	—
46,16	22,32	9,5	—
47,2	23,36	10	—
48,24	24,4	10,5	—
49,36	25,52	11	—
50,48	26,64	11,5	—
51,68	27,84	12	—
52,96	29,12	12,5	—
54,32	30,48	13	—
55,68	31,84	13,5	—
56,88	33,04	14	—
57,68	33,84	14,5	—
58,48	34,64	15	—
59,44	35,6	15,5	—
60,4	36,56	16	—
61,2	37,36	16,5	—
62,16	38,32	17	—
63,68	39,84	17,5	—
64,72	40,88	18	—



v (cm/s) 0,4303      R<sup>2</sup> 0,9988

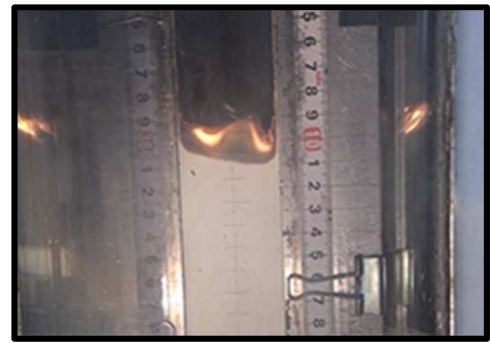
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1,34	2	0,25
0,9	1,5	0
0,54	1,5	0
0,43	1,5	0,25
0,9	1,75	0

Mitjana 0,822      1,65      0,1  
 Mediana 0,9      1,5      0

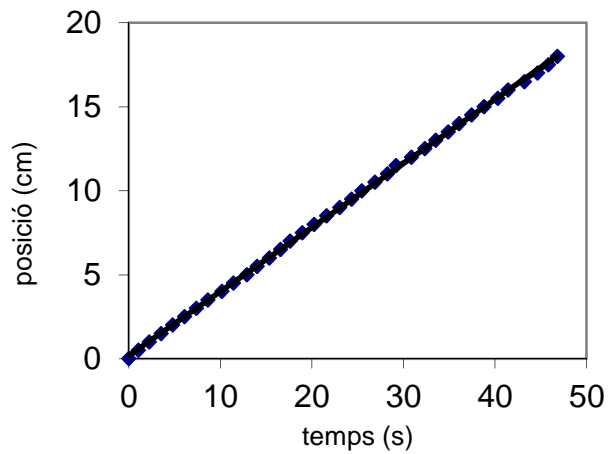
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
87	1,25	0,57
83	0,64	0,3
84	0,52	0,28
88	0,61	0,2
77	0,64	0,34

Mitjana 83,8      0,394      0,338  
 Mediana 84      0,34      0,3

**Data:** 11/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 51      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (05)      **Angle (°):** 10  
                     **Concentració (%):** 22  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
21,04	0	0	—
22,08	1,04	0,5	—
23,28	2,24	1	—
24,56	3,52	1,5	—
25,84	4,8	2	—
27,12	6,08	2,5	—
28,4	7,36	3	—
29,68	8,64	3,5	—
31,2	10,16	4	—
32,48	11,44	4,5	—
33,92	12,88	5	—
35,04	14	5,5	—
36,4	15,36	6	—
37,6	16,56	6,5	—
38,64	17,6	7	—
40	18,96	7,5	—
41,28	20,24	8	—
42,64	21,6	8,5	—
44,08	23,04	9	—
45,36	24,32	9,5	—
46,48	25,44	10	—
47,92	26,88	10,5	—
49,28	28,24	11	—
50,24	29,2	11,5	—
51,92	30,88	12	—
53,36	32,32	12,5	—
54,56	33,52	13	—
55,92	34,88	13,5	—
57,12	36,08	14	—
58,48	37,44	14,5	—
59,84	38,8	15	—
61,36	40,32	15,5	—
62,48	41,44	16	—
64,24	43,2	16,5	—
65,68	44,64	17	—
66,88	45,84	17,5	—
67,84	46,8	18	—



v (cm/s) 0,3813      R<sup>2</sup> 0,9998

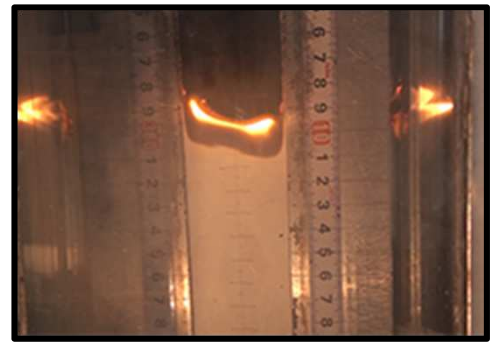
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1	1,75	0,25
0,93	3	0
0,87	3	0
0,8	3	0
1,27	2	0,25

Mitjana 0,974      2,55      0,1  
 Mediana 0,93      3      0

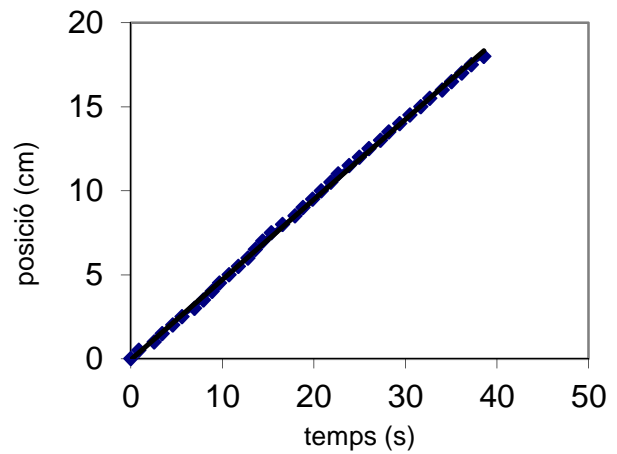
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
78	0,52	0,32
83	0,45	0,27
85	0,38	0,2
76	0,63	0,41
65	0,63	0,45

Mitjana 77,4      0,192      0,33  
 Mediana 78      0,18      0,32

**Data:** 12/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 52      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (01)      **Angle (°):** 10  
                     **Concentració (%):** 25  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
23,28	0	0	—
24,16	0,88	0,5	—
25,84	2,56	1	—
26,72	3,44	1,5	—
27,84	4,56	2	—
28,88	5,6	2,5	—
30,24	6,96	3	—
31,2	7,92	3,5	—
32,16	8,88	4	—
32,96	9,68	4,5	—
34	10,72	5	—
35,04	11,76	5,5	—
36,08	12,8	6	—
36,88	13,6	6,5	—
37,68	14,4	7	—
38,64	15,36	7,5	—
39,84	16,56	8	—
41,2	17,92	8,5	—
42,08	18,8	9	—
43,12	19,84	9,5	—
44,08	20,8	10	—
45,12	21,84	10,5	—
45,92	22,64	11	—
47,12	23,84	11,5	—
48,24	24,96	12	—
49,28	26	12,5	—
50,56	27,28	13	—
51,44	28,16	13,5	—
52,64	29,36	14	—
53,76	30,48	14,5	—
54,96	31,68	15	—
55,92	32,64	15,5	—
57,28	34	16	—
58,32	35,04	16,5	—
59,44	36,16	17	—
60,48	37,2	17,5	—
61,84	38,56	18	—



**v (cm/s)** 0,4766      **R<sup>2</sup>** 0,9992

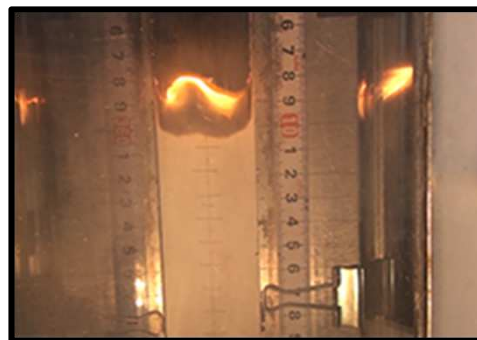
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,7	3	0,25
0,64	3	0,5
0,67	3	0,25
1,2	3	0,25
0,74	3	0,5

Mitjana 0,79      3      0,35  
 Mediana 0,7      3      0,25

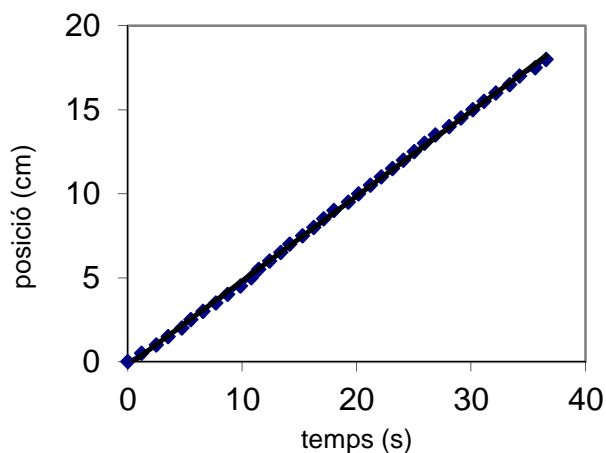
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
79	1,47	0,43
80	0,68	0,34
73	0,69	0,41
76	1,22	0,88
80	0,75	0,47

Mitjana 77,6      0,456      0,506  
 Mediana 79      0,34      0,43

**Data:** 12/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 53      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (02)      **Angle (°):** 10  
                     **Concentració (%):** 25  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
23,08	0	0	—
24,28	1,2	0,5	—
25,56	2,48	1	—
26,6	3,52	1,5	—
27,8	4,72	2	—
28,6	5,52	2,5	—
29,64	6,56	3	—
30,76	7,68	3,5	—
31,8	8,72	4	—
32,92	9,84	4,5	—
33,88	10,8	5	—
34,52	11,44	5,5	—
35,48	12,4	6	—
36,44	13,36	6,5	—
37,24	14,16	7	—
38,36	15,28	7,5	—
39,32	16,24	8	—
40,2	17,12	8,5	—
41,08	18	9	—
42,36	19,28	9,5	—
43,24	20,16	10	—
44,28	21,2	10,5	—
45,24	22,16	11	—
46,2	23,12	11,5	—
47,16	24,08	12	—
48,12	25,04	12,5	—
49	25,92	13	—
49,96	26,88	13,5	—
51,16	28,08	14	—
52,2	29,12	14,5	—
53,24	30,16	15	—
54,2	31,12	15,5	—
55,24	32,16	16	—
56,44	33,36	16,5	—
57,32	34,24	17	—
58,68	35,6	17,5	—
59,64	36,56	18	—



v (cm/s) 0,5047      R<sup>2</sup> 0,9995

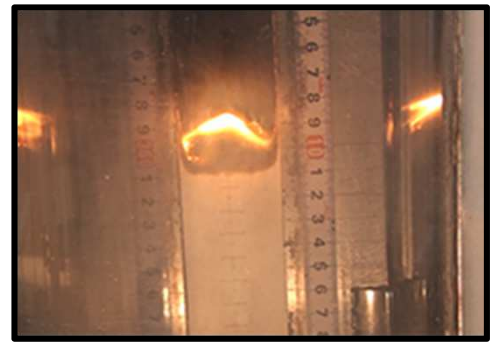
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1	3	0,25
1,07	3	0,25
1,4	3	0,25
1,1	2	0,5
0,9	3	0,25

Mitjana 1,094      2,8      0,3  
 Mediana 1,07      3      0,25

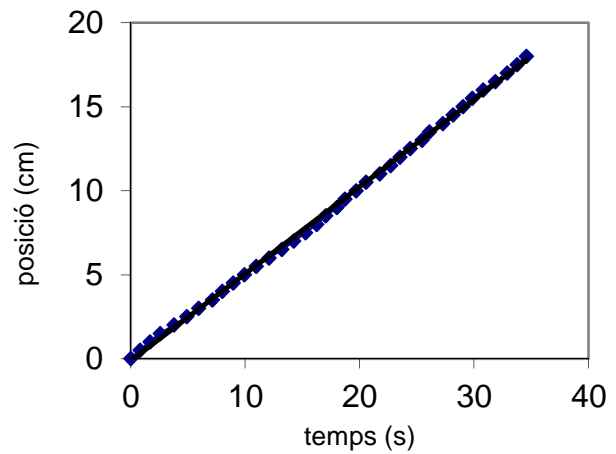
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
72	1,13	0,43
76	1,21	0,4
75	0,67	0,35
75	0,88	0,54
87	2,37	0,64

Mitjana 77      0,78      0,472  
 Mediana 75      0,7      0,43

**Data:** 12/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 54      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (03)      **Angle (°):** 10  
                     **Concentració (%):** 25  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
23,92	0	0	—
24,72	0,8	0,5	—
25,6	1,68	1	—
26,48	2,56	1,5	—
27,68	3,76	2	—
28,8	4,88	2,5	—
29,84	5,92	3	—
31,04	7,12	3,5	—
31,92	8	4	—
32,88	8,96	4,5	—
33,84	9,92	5	—
34,88	10,96	5,5	—
36	12,08	6	—
37,12	13,2	6,5	—
38,16	14,24	7	—
39,2	15,28	7,5	—
40,16	16,24	8	—
40,96	17,04	8,5	—
41,92	18	9	—
42,64	18,72	9,5	—
43,6	19,68	10	—
44,48	20,56	10,5	—
45,68	21,76	11	—
46,64	22,72	11,5	—
47,44	23,52	12	—
48,32	24,4	12,5	—
49,36	25,44	13	—
50	26,08	13,5	—
51,2	27,28	14	—
52,08	28,16	14,5	—
52,96	29,04	15	—
53,76	29,84	15,5	—
54,72	30,8	16	—
55,76	31,84	16,5	—
56,8	32,88	17	—
57,68	33,76	17,5	—
58,48	34,56	18	—



v (cm/s) 0,5179      R<sup>2</sup> 0,9992

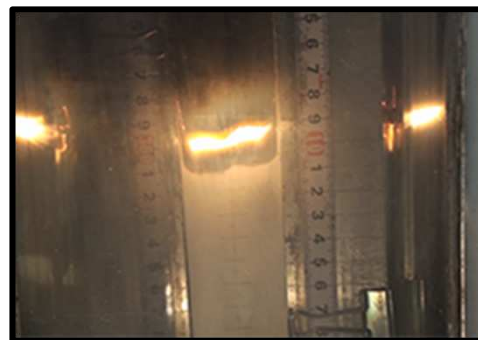
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,97	3	0,25
0,83	3	0
0,14	3	0,25
1	3	0,25
1,17	3	0

Mitjana 0,822      3      0,15  
 Mediana 0,97      3      0,25

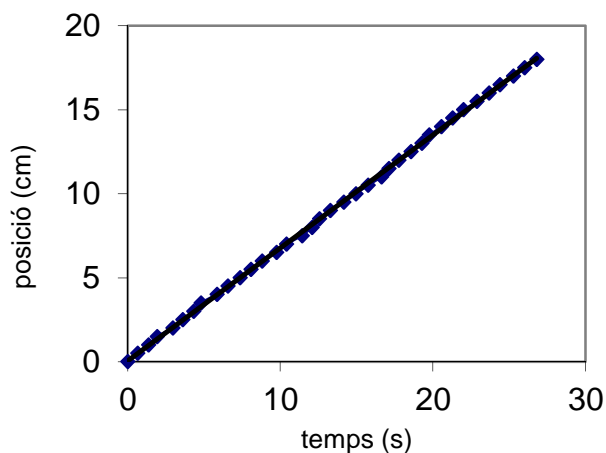
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
76	1,6	0,5
79	0,91	0,5
80	2,41	1,14
82	2,91	0,74
81	2,48	0,75

Mitjana 79,6      1,336      0,726  
 Mediana 80      1,27      0,74

**Data:** 12/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 55      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (04)      **Angle (°):** 10  
                     **Concentració (%):** 30  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
19,04	0	0	—
19,68	0,64	0,5	—
20,4	1,36	1	—
20,96	1,92	1,5	—
22	2,96	2	—
22,64	3,6	2,5	—
23,36	4,32	3	—
23,84	4,8	3,5	—
24,88	5,84	4	—
25,6	6,56	4,5	—
26,4	7,36	5	—
27,12	8,08	5,5	—
27,84	8,8	6	—
28,8	9,76	6,5	—
29,44	10,4	7	—
30,48	11,44	7,5	—
31,12	12,08	8	—
31,6	12,56	8,5	—
32,32	13,28	9	—
33,2	14,16	9,5	—
34	14,96	10	—
34,8	15,76	10,5	—
35,68	16,64	11	—
36,16	17,12	11,5	—
36,8	17,76	12	—
37,6	18,56	12,5	—
38,32	19,28	13	—
38,8	19,76	13,5	—
39,6	20,56	14	—
40,32	21,28	14,5	—
41,04	22	15	—
41,92	22,88	15,5	—
42,72	23,68	16	—
43,44	24,4	16,5	—
44,32	25,28	17	—
45,04	26	17,5	—
45,84	26,8	18	—



v (cm/s) 0,6718      R<sup>2</sup> 0,9996

L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,94	5	0,25
0,93	5	0,5
1,07	5	0,5
0,97	5	0,25
1,04	5	0,25

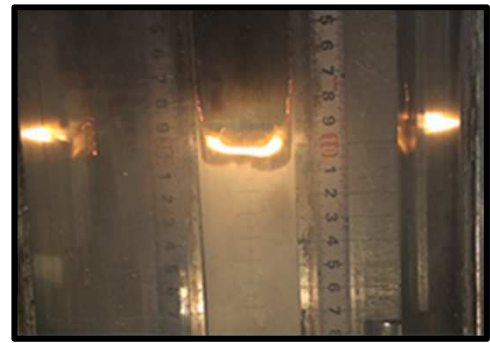
Mitjana 0,99      5      0,35  
 Mediana 0,97      5      0,25

Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
86	1,44	0,77
79	2,51	0,38
84	3,2	1,1
79	2,95	1,08
83	2,41	1,24

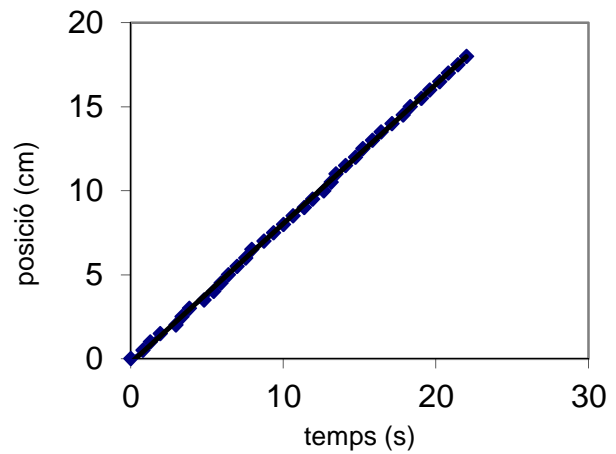
Mitjana 82,2      1,588      0,914  
 Mediana 83      1,87      1,08



**Data:** 12/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 56      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (05)      **Angle (°):** 10  
                     **Concentració (%):** 30  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
18,4	0	0	—
19,2	0,8	0,5	—
19,68	1,28	1	—
20,32	1,92	1,5	—
21,36	2,96	2	—
21,76	3,36	2,5	—
22,24	3,84	3	—
23,2	4,8	3,5	—
23,84	5,44	4	—
24,32	5,92	4,5	—
24,8	6,4	5	—
25,36	6,96	5,5	—
25,92	7,52	6	—
26,32	7,92	6,5	—
27,12	8,72	7	—
27,76	9,36	7,5	—
28,4	10	8	—
29,04	10,64	8,5	—
29,76	11,36	9	—
30,32	11,92	9,5	—
31,04	12,64	10	—
31,52	13,12	10,5	—
31,84	13,44	11	—
32,48	14,08	11,5	—
33,12	14,72	12	—
33,6	15,2	12,5	—
34,24	15,84	13	—
34,8	16,4	13,5	—
35,52	17,12	14	—
36,24	17,84	14,5	—
36,72	18,32	15	—
37,44	19,04	15,5	—
38	19,6	16	—
38,64	20,24	16,5	—
39,2	20,8	17	—
39,84	21,44	17,5	—
40,4	22	18	—



v (cm/s)    0,8289      R<sup>2</sup>    0,9995

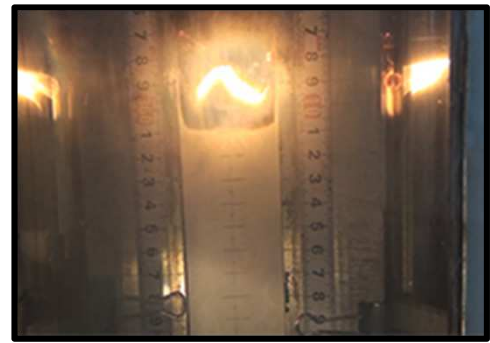
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,87	5	0,5
1,13	5	0,5
0,31	5	0,75
1,67	5	0,5
1,1	5	0,5

Mitjana    1,016      5      0,55  
 Mediana    1,1      5      0,5

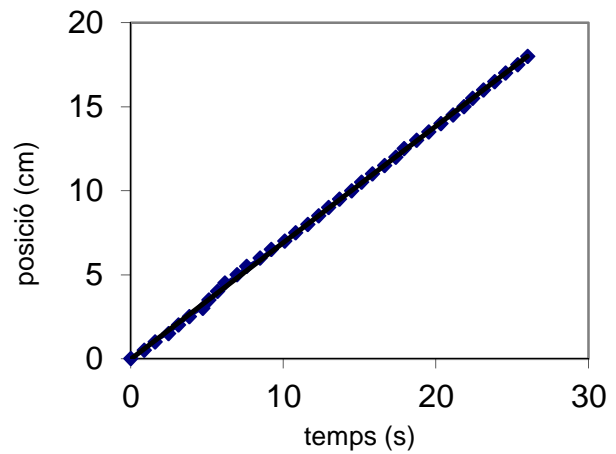
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
81	2,87	1,27
74	1,81	0,77
93	2,58	0,58
85	3,03	1,23
82	2,3	0,73

Mitjana    83      1,602      0,916  
 Mediana    82      1,6      0,77

**Data:** 12/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 57      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (06)      **Angle (°):** 10  
                     **No canalitzat**      **Concentració (%):** 30



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
20,64	0	0	—
21,52	0,88	0,5	—
22,24	1,6	1	—
23,12	2,48	1,5	—
23,76	3,12	2	—
24,48	3,84	2,5	—
25,36	4,72	3	—
25,76	5,12	3,5	—
26,32	5,68	4	—
26,8	6,16	4,5	—
27,6	6,96	5	—
28,24	7,6	5,5	—
29,12	8,48	6	—
29,84	9,2	6,5	—
30,72	10,08	7	—
31,44	10,8	7,5	—
32,24	11,6	8	—
32,96	12,32	8,5	—
33,6	12,96	9	—
34,32	13,68	9,5	—
35,12	14,48	10	—
35,76	15,12	10,5	—
36,48	15,84	11	—
37,28	16,64	11,5	—
38	17,36	12	—
38,56	17,92	12,5	—
39,36	18,72	13	—
40,16	19,52	13,5	—
40,96	20,32	14	—
41,76	21,12	14,5	—
42,48	21,84	15	—
43,04	22,4	15,5	—
43,76	23,12	16	—
44,48	23,84	16,5	—
45,2	24,56	17	—
46	25,36	17,5	—
46,64	26	18	—



**v (cm/s)** 0,6932      **R<sup>2</sup>** 0,9996

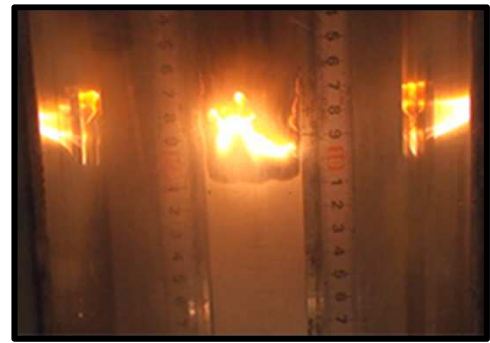
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,8	5	0,5
1,14	5	0,5
1,37	5	0,5
1,03	5	0,5
1,27	5	0,5

Mitjana 1,122      5      0,5  
 Mediana 1,14      5      0,5

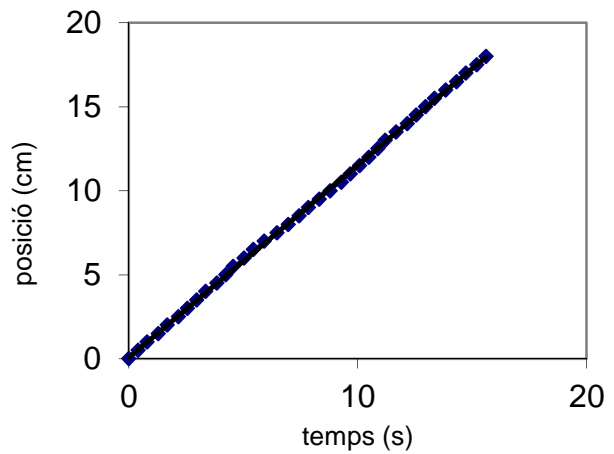
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
78	2,98	2,07
67	3,31	2,24
86	3	1,93
84	3,56	1,43
70	3,83	2,5

Mitjana 77      1,302      2,034  
 Mediana 78      1,07      2,07

**Data:** 15/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 58      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (01)      **Angle (°):** 10  
                     **Concentració (%):** 50  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
16,8	0	0	—
17,2	0,4	0,5	—
17,6	0,8	1	—
18,08	1,28	1,5	—
18,48	1,68	2	—
18,96	2,16	2,5	—
19,36	2,56	3	—
19,76	2,96	3,5	—
20,16	3,36	4	—
20,64	3,84	4,5	—
21,04	4,24	5	—
21,36	4,56	5,5	—
21,84	5,04	6	—
22,24	5,44	6,5	—
22,72	5,92	7	—
23,28	6,48	7,5	—
23,76	6,96	8	—
24,24	7,44	8,5	—
24,64	7,84	9	—
25,12	8,32	9,5	—
25,6	8,8	10	—
26,08	9,28	10,5	—
26,48	9,68	11	—
26,88	10,08	11,5	—
27,28	10,48	12	—
27,68	10,88	12,5	—
28	11,2	13	—
28,48	11,68	13,5	—
28,96	12,16	14	—
29,36	12,56	14,5	—
29,76	12,96	15	—
30,16	13,36	15,5	—
30,64	13,84	16	—
31,12	14,32	16,5	—
31,52	14,72	17	—
32	15,2	17,5	—
32,4	15,6	18	—



v (cm/s) 1,1463      R<sup>2</sup> 0,9997

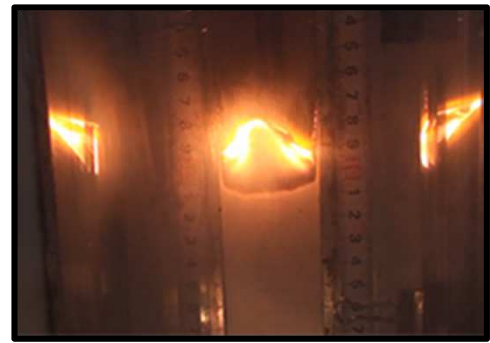
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,97	5	0,25
1,57	5	0,25
1,2	5	0,5
1,17	5	0,5
0,94	5	0,25

Mitjana 1,17      5      0,35  
 Mediana 1,17      5      0,25

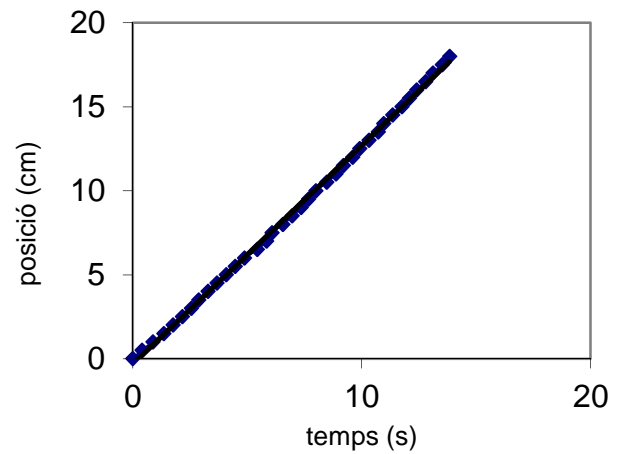
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
73	2,9	1,6
74	1,61	0,67
78,5	2,14	0,71
75	2,27	1,13
73	3,53	1,83

Mitjana 74,7      1,302      1,188  
 Mediana 74      1,3      1,13

**Data:** 15/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 59      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (02)      **Angle (°):** 10  
                     **Concentració (%):** 50  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
14,68	0	0	—
15,08	0,4	0,5	—
15,56	0,88	1	—
16,04	1,36	1,5	—
16,44	1,76	2	—
16,84	2,16	2,5	—
17,24	2,56	3	—
17,56	2,88	3,5	—
17,96	3,28	4	—
18,36	3,68	4,5	—
18,76	4,08	5	—
19,16	4,48	5,5	—
19,56	4,88	6	—
20,12	5,44	6,5	—
20,52	5,84	7	—
20,76	6,08	7,5	—
21,24	6,56	8	—
21,64	6,96	8,5	—
22,04	7,36	9	—
22,36	7,68	9,5	—
22,68	8	10	—
23,16	8,48	10,5	—
23,56	8,88	11	—
23,88	9,2	11,5	—
24,28	9,6	12	—
24,6	9,92	12,5	—
25	10,32	13	—
25,4	10,72	13,5	—
25,64	10,96	14	—
26,04	11,36	14,5	—
26,44	11,76	15	—
26,76	12,08	15,5	—
27,08	12,4	16	—
27,48	12,8	16,5	—
27,8	13,12	17	—
28,2	13,52	17,5	—
28,52	13,84	18	—



**v (cm/s)** 1,301      **R<sup>2</sup>** 0,999

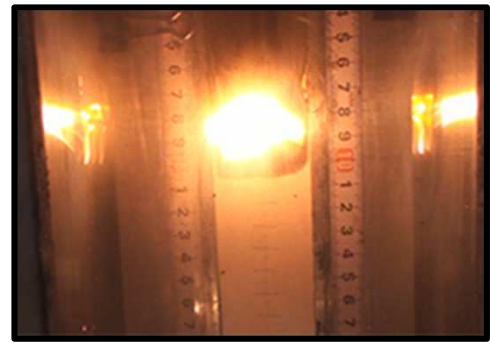
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1,07	5	0,25
1,94	5	0,5
1,6	5	0,75
0,94	5	0,25
1,9	5	0,75

Mitjana 1,49      5      0,5  
 Mediana 1,6      5      0,5

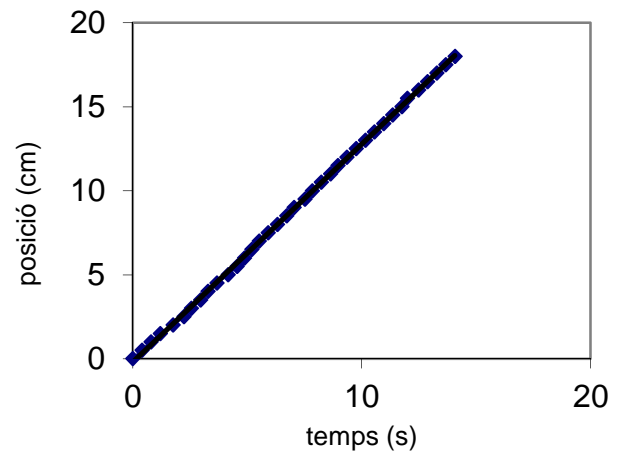
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
75	1,94	0,8
71	2,71	1,77
67	5,07	3,43
79	2,81	1,57
78	4,53	3,6

Mitjana 74      1,178      2,234  
 Mediana 75      1,14      1,77

**Data:** 15/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 60      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (03)      **Angle (°):** 10  
                     **Concentració (%):** 50  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
15,48	0	0	—
15,88	0,4	0,5	—
16,28	0,8	1	—
16,68	1,2	1,5	—
17,24	1,76	2	—
17,72	2,24	2,5	—
18,04	2,56	3	—
18,44	2,96	3,5	—
18,76	3,28	4	—
19,16	3,68	4,5	—
19,64	4,16	5	—
20,04	4,56	5,5	—
20,36	4,88	6	—
20,68	5,2	6,5	—
21	5,52	7	—
21,4	5,92	7,5	—
21,8	6,32	8	—
22,2	6,72	8,5	—
22,52	7,04	9	—
23	7,52	9,5	—
23,32	7,84	10	—
23,72	8,24	10,5	—
24,12	8,64	11	—
24,44	8,96	11,5	—
24,84	9,36	12	—
25,24	9,76	12,5	—
25,64	10,16	13	—
26,04	10,56	13,5	—
26,44	10,96	14	—
26,84	11,36	14,5	—
27,24	11,76	15	—
27,48	12	15,5	—
27,96	12,48	16	—
28,36	12,88	16,5	—
28,76	13,28	17	—
29,16	13,68	17,5	—
29,56	14,08	18	—



**v (cm/s)** 1,2967      **R<sup>2</sup>** 0,9997

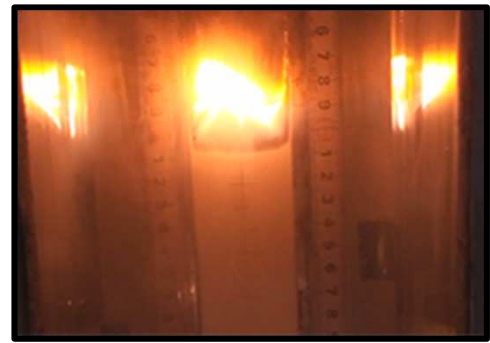
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1,14	5	0,5
0,97	5	0,75
0,91	5	1
1,43	5	0,5
1,1	5	0,75

Mitjana 1,11      5      0,7  
 Mediana 1,1      5      0,75

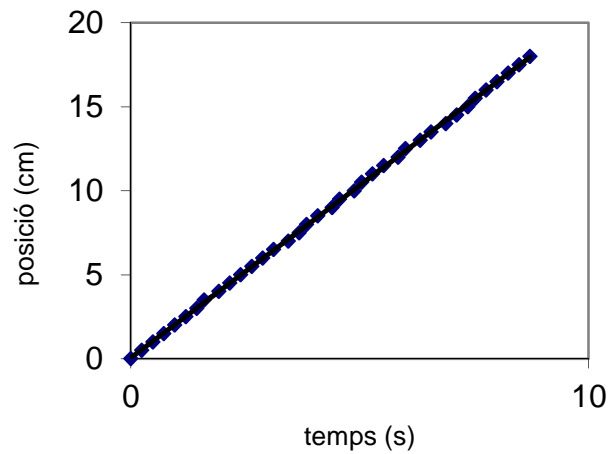
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
70	4,11	2,87
74	3,8	2,1
79	3,97	2,23
75	3,28	1,77
77	3	1,3

Mitjana 75      1,578      2,054  
 Mediana 75      1,7      2,1

**Data:** 15/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 61      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (04)      **Angle (°):** 10  
                     **Concentració (%):** 100  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
14,48	0	0	—
14,72	0,24	0,5	—
14,96	0,48	1	—
15,2	0,72	1,5	—
15,44	0,96	2	—
15,68	1,2	2,5	—
15,92	1,44	3	—
16,08	1,6	3,5	—
16,4	1,92	4	—
16,64	2,16	4,5	—
16,88	2,4	5	—
17,12	2,64	5,5	—
17,36	2,88	6	—
17,6	3,12	6,5	—
17,92	3,44	7	—
18,16	3,68	7,5	—
18,32	3,84	8	—
18,56	4,08	8,5	—
18,88	4,4	9	—
19,04	4,56	9,5	—
19,36	4,88	10	—
19,52	5,04	10,5	—
19,76	5,28	11	—
20	5,52	11,5	—
20,32	5,84	12	—
20,48	6	12,5	—
20,8	6,32	13	—
21,04	6,56	13,5	—
21,36	6,88	14	—
21,6	7,12	14,5	—
21,84	7,36	15	—
22	7,52	15,5	—
22,24	7,76	16	—
22,48	8	16,5	—
22,72	8,24	17	—
22,96	8,48	17,5	—
23,2	8,72	18	—



v (cm/s) 2,0524      R<sup>2</sup> 0,9998

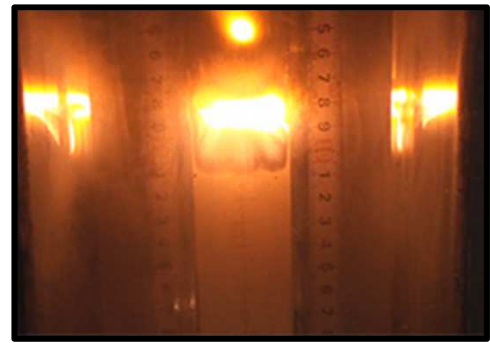
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
2,1	5	0,25
1,9	5	0,75
2,67	5	0,5
2,64	5	1
1,97	5	0,75

Mitjana 2,256      5      0,65  
 Mediana 2,1      5      0,75

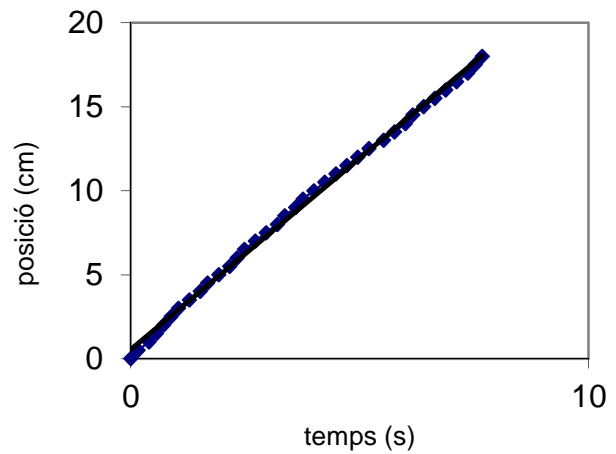
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
72	5	2,87
66	5,6	2,8
61	5,87	2,63
60	4,5	1,5
68	5,54	3,6

Mitjana 65,4      2,622      2,68  
 Mediana 66      2,8      2,8

**Data:** 15/04/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 62      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (05)      **Angle (°):** 10  
                     **Concentració (%):** 100  
                     No canalitzat



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
13,84	0	0	—
14	0,16	0,5	—
14,24	0,4	1	—
14,4	0,56	1,5	—
14,56	0,72	2	—
14,72	0,88	2,5	—
14,88	1,04	3	—
15,12	1,28	3,5	—
15,36	1,52	4	—
15,52	1,68	4,5	—
15,76	1,92	5	—
16	2,16	5,5	—
16,16	2,32	6	—
16,32	2,48	6,5	—
16,56	2,72	7	—
16,8	2,96	7,5	—
17,04	3,2	8	—
17,2	3,36	8,5	—
17,44	3,6	9	—
17,6	3,76	9,5	—
17,84	4	10	—
18,08	4,24	10,5	—
18,32	4,48	11	—
18,56	4,72	11,5	—
18,8	4,96	12	—
19,04	5,2	12,5	—
19,36	5,52	13	—
19,6	5,76	13,5	—
19,84	6	14	—
20	6,16	14,5	—
20,24	6,4	15	—
20,48	6,64	15,5	—
20,72	6,88	16	—
20,96	7,12	16,5	—
21,2	7,36	17	—
21,36	7,52	17,5	—
21,52	7,68	18	—



**v (cm/s)** 2,2784      **R<sup>2</sup>** 0,998

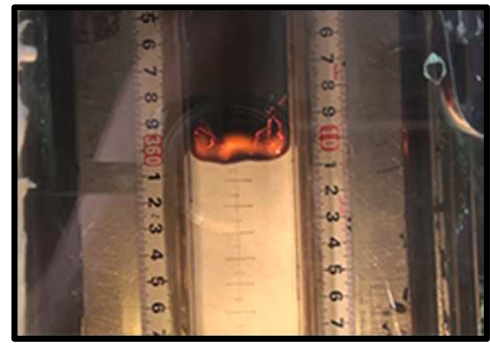
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1,87	5	1
0,84	5	1,5
2,4	5	0,5
1,93	5	0,75
2	5	1,5

Mitjana 1,808      5      1,05  
 Mediana 1,93      5      1

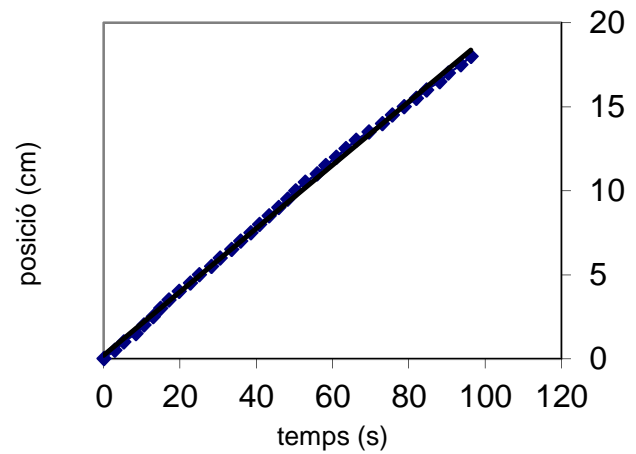
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
81	5,2	3,07
85	4,45	2,27
78	4,34	2
65	5,01	2,67
79	5,14	1,24

Mitjana 77,6      2,578      2,25  
 Mediana 79      2,34      2,27

**Data:** 21/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 63      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (01)      **Angle (°):** 90  
                                  **Semicanalitzat**      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
38,76	0	0	—
41,64	2,88	0,5	—
44,04	5,28	1	—
47,16	8,4	1,5	—
49,32	10,56	2	—
51,72	12,96	2,5	—
53,64	14,88	3	—
55,8	17,04	3,5	—
58,56	19,8	4	—
61,44	22,68	4,5	—
63,84	25,08	5	—
66,96	28,2	5,5	—
69,24	30,48	6	—
72,24	33,48	6,5	—
74,64	35,88	7	—
77,28	38,52	7,5	—
79,56	40,8	8	—
82,08	43,32	8,5	—
84,6	45,84	9	—
87	48,24	9,5	—
89,04	50,28	10	—
91,56	52,8	10,5	—
94,68	55,92	11	—
96,96	58,2	11,5	—
99,72	60,96	12	—
102,24	63,48	12,5	—
104,88	66,12	13	—
108,24	69,48	13,5	—
111,84	73,08	14	—
114,36	75,6	14,5	—
117,48	78,72	15	—
120,72	81,96	15,5	—
123,36	84,6	16	—
126,84	88,08	16,5	—
129,12	90,36	17	—
132,36	93,6	17,5	—
135	96,24	18	—



v (cm/s) 0,1887      R<sup>2</sup> 0,9985

L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,29	-	-
0,5	-	-
0,26	-	-
0,29	-	-
0,35	-	-

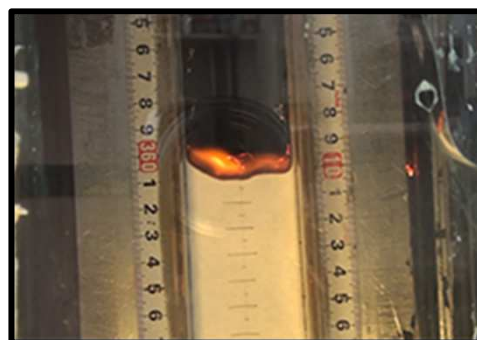
Mitjana 0,338      -      -  
 Mediana 0,29      -      -

Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	0,97	0,41
-	0,55	0,26
-	0,65	0
-	0,82	0,41
-	0,79	0,41

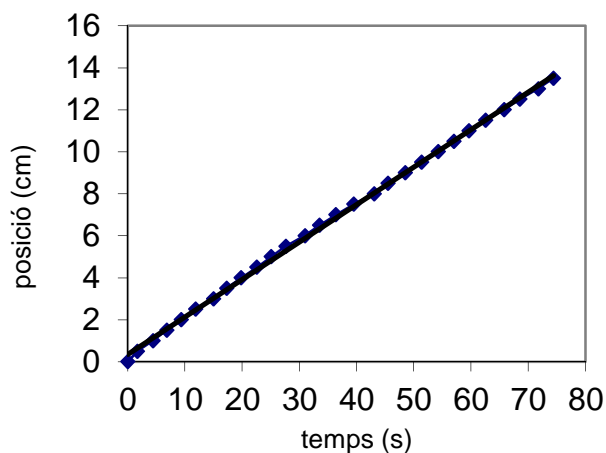
Mitjana -      0,458      0,298  
 Mediana -      0,41      0,41



**Data:** 21/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 64      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (02)      **Angle (°):** 90  
                                  **Semicanalitzat**      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
38,76	0	0	—
40,44	1,68	0,5	—
43,2	4,44	1	—
45,6	6,84	1,5	—
48,12	9,36	2	—
50,64	11,88	2,5	—
53,76	15	3	—
56,04	17,28	3,5	—
58,56	19,8	4	—
61,32	22,56	4,5	—
63,84	25,08	5	—
66,36	27,6	5,5	—
69,72	30,96	6	—
72,24	33,48	6,5	—
75,12	36,36	7	—
78,24	39,48	7,5	—
81,84	43,08	8	—
84,24	45,48	8,5	—
87,24	48,48	9	—
90,12	51,36	9,5	—
93	54,24	10	—
95,76	57	10,5	—
98,4	59,64	11	—
101,28	62,52	11,5	—
104,52	65,76	12	—
107,28	68,52	12,5	—
110,52	71,76	13	—
113,16	74,4	13,5	—
		14	—
		14,5	—
		15	—
		15,5	—
		16	—
		16,5	—
		17	—
		17,5	—
		18	—



v (cm/s) 0,1784      R<sup>2</sup> 0,9991

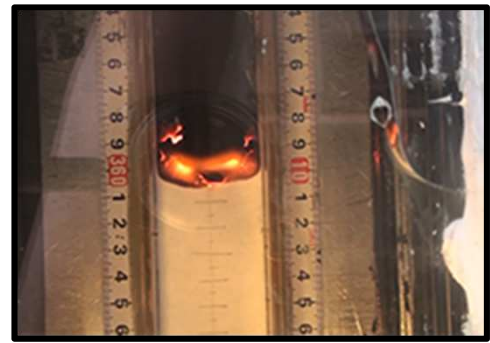
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,29	-	-
0,32	-	-
0,24	-	-
0,26	-	-
0,44	-	-

Mitjana 0,31      -      -  
 Mediana 0,29      -      -

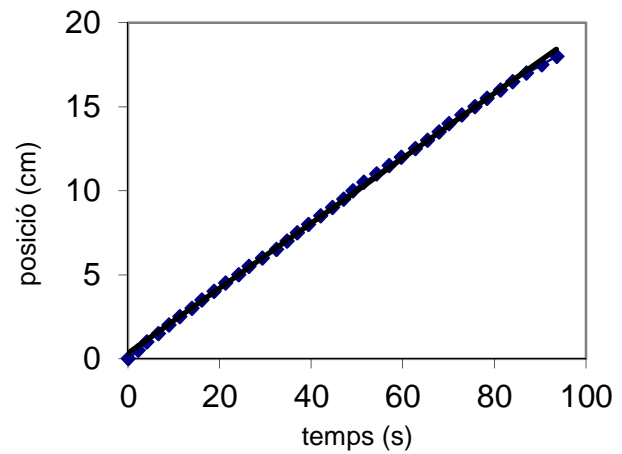
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	0,85	0,41
-	0,62	0
-	0,68	0
-	0,91	0
-	0,5	0

Mitjana -      0,63      0,082  
 Mediana -      0,62      0

**Data:** 21/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 65      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (03)      **Angle (°):** 90  
 Semicanalitzat      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
39,64	0	0	—
41,8	2,16	0,5	—
43,72	4,08	1	—
46,24	6,6	1,5	—
48,52	8,88	2	—
50,92	11,28	2,5	—
53,56	13,92	3	—
55,72	16,08	3,5	—
58,36	18,72	4	—
60,88	21,24	4,5	—
63,76	24,12	5	—
66,04	26,4	5,5	—
68,92	29,28	6	—
72,04	32,4	6,5	—
74,32	34,68	7	—
76,6	36,96	7,5	—
79	39,36	8	—
81,64	42	8,5	—
84,28	44,64	9	—
86,68	47,04	9,5	—
88,72	49,08	10	—
91,12	51,48	10,5	—
93,88	54,24	11	—
96,64	57	11,5	—
99,28	59,64	12	—
102,4	62,76	12,5	—
105,04	65,4	13	—
107,56	67,92	13,5	—
109,72	70,08	14	—
112,48	72,84	14,5	—
115,36	75,72	15	—
118	78,36	15,5	—
121	81,36	16	—
123,64	84	16,5	—
126,64	87	17	—
130	90,36	17,5	—
133,24	93,6	18	—



v (cm/s) 0,1935      R<sup>2</sup> 0,9993

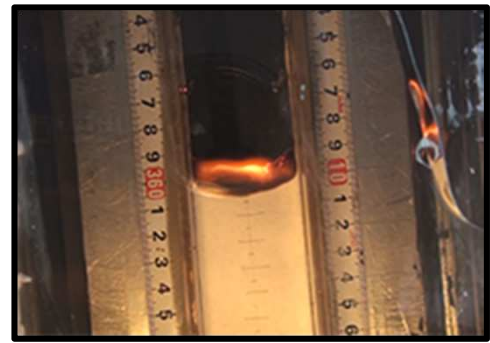
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,32	-	-
0,24	-	-
0,24	-	-
0,26	-	-
0,29	-	-

Mitjana 0,27      -      -  
 Mediana 0,26      -      -

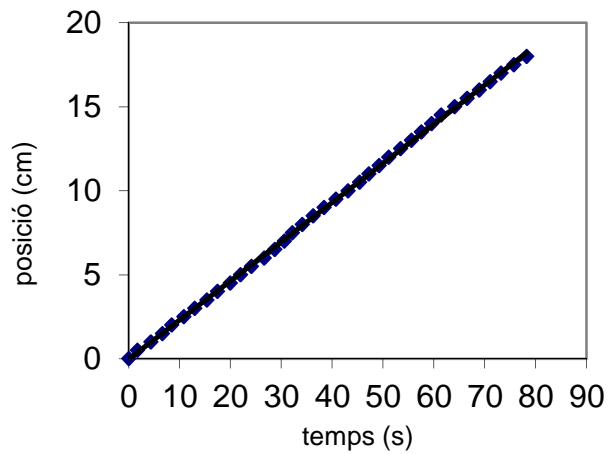
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	0,89	0,68
-	1,2	0,76
-	0,91	0,53
-	0,88	0,59
-	0,74	0

Mitjana -      0,412      0,512  
 Mediana -      0,38      0,59

**Data:** 21/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 66      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (04)      **Angle (°):** 30  
                                  **Semicanalitzat**      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
34,68	0	0	—
36,36	1,68	0,5	—
39	4,32	1	—
41,28	6,6	1,5	—
43,08	8,4	2	—
45,48	10,8	2,5	—
47,64	12,96	3	—
50,04	15,36	3,5	—
52,08	17,4	4	—
54,6	19,92	4,5	—
56,64	21,96	5	—
58,8	24,12	5,5	—
61,32	26,64	6	—
63,36	28,68	6,5	—
65,28	30,6	7	—
66,84	32,16	7,5	—
68,76	34,08	8	—
70,92	36,24	8,5	—
73,08	38,4	9	—
75,36	40,68	9,5	—
77,76	43,08	10	—
80,04	45,36	10,5	—
81,84	47,16	11	—
83,88	49,2	11,5	—
85,8	51,12	12	—
88,08	53,4	12,5	—
90,24	55,56	13	—
92,16	57,48	13,5	—
94,2	59,52	14	—
96,12	61,44	14,5	—
98,76	64,08	15	—
101,16	66,48	15,5	—
103,56	68,88	16	—
105,72	71,04	16,5	—
107,88	73,2	17	—
110,4	75,72	17,5	—
112,92	78,24	18	—



v (cm/s)    0,2333      R<sup>2</sup>    0,9997

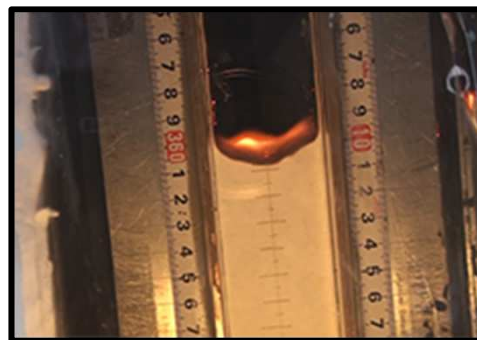
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,47	-	-
0,38	-	-
0,38	-	-
0,5	-	-
0,38	-	-

Mitjana    0,422      -      -  
 Mediana    0,38      -      -

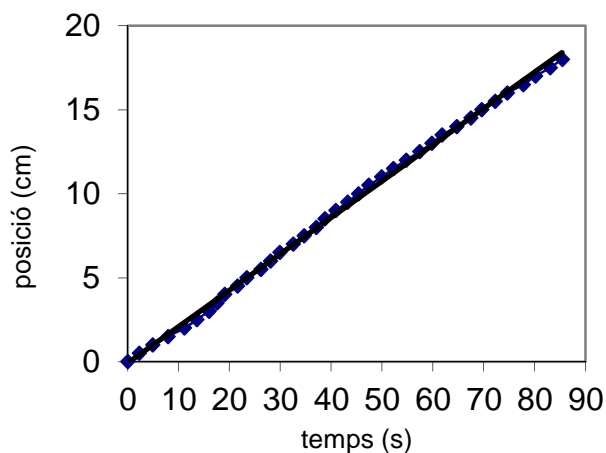
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	0,76	0,44
-	1	0,56
-	0,76	0,44
-	0,53	0,29
-	0,9	0

Mitjana    -      0,444      0,346  
 Mediana    -      0,32      0,44

**Data:** 21/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 67      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (05)      **Angle (°):** 30  
                                  **Semicanalitzat**      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
22,96	0	0	—
25,24	2,28	0,5	—
27,88	4,92	1	—
30,88	7,92	1,5	—
34,12	11,16	2	—
36,52	13,56	2,5	—
38,92	15,96	3	—
40,48	17,52	3,5	—
42,04	19,08	4	—
44,56	21,6	4,5	—
46,36	23,4	5	—
49,12	26,16	5,5	—
51,04	28,08	6	—
52,84	29,88	6,5	—
55,48	32,52	7	—
57,64	34,68	7,5	—
60,04	37,08	8	—
61,72	38,76	8,5	—
63,88	40,92	9	—
66,16	43,2	9,5	—
68,32	45,36	10	—
70,36	47,4	10,5	—
72,88	49,92	11	—
75,16	52,2	11,5	—
77,68	54,72	12	—
80,32	57,36	12,5	—
82,72	59,76	13	—
84,76	61,8	13,5	—
87,64	64,68	14	—
90,4	67,44	14,5	—
92,56	69,6	15	—
95,2	72,24	15,5	—
97,6	74,64	16	—
100,72	77,76	16,5	—
103,12	80,16	17	—
106	83,04	17,5	—
108,4	85,44	18	—



**v (cm/s)** 0,2163      **R<sup>2</sup>** 0,9985

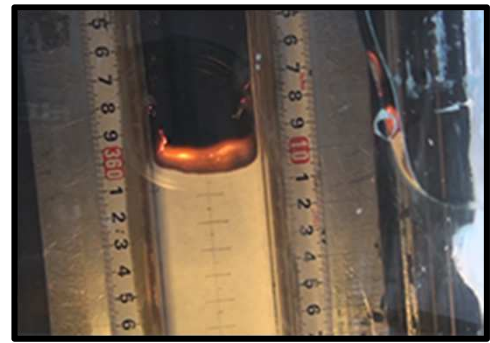
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,41	-	-
0,56	-	-
0,56	-	-
0,41	-	-
0,44	-	-

Mitjana 0,476      -      -  
 Mediana 0,44      -      -

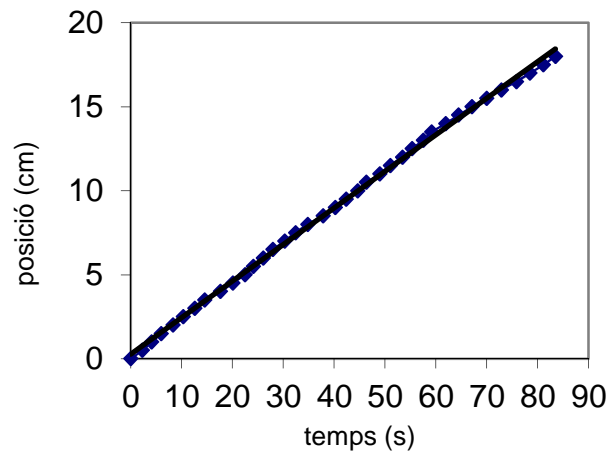
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	0,5	0,26
-	0,65	0,41
-	0,59	0
-	0,91	0
-	0,88	0,47

Mitjana -      0,478      0,228  
 Mediana -      0,41      0,26

**Data:** 21/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 68      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (06)      **Angle (°):** 30  
 Semicanalitzat      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
29,92	0	0	—
32,2	2,28	0,5	—
34	4,08	1	—
35,92	6	1,5	—
38,2	8,28	2	—
40,24	10,32	2,5	—
42,52	12,6	3	—
44,44	14,52	3,5	—
47,56	17,64	4	—
49,96	20,04	4,5	—
52,36	22,44	5	—
54,04	24,12	5,5	—
55,96	26,04	6	—
57,88	27,96	6,5	—
60,16	30,24	7	—
62,32	32,4	7,5	—
64,72	34,8	8	—
67,72	37,8	8,5	—
70,12	40,2	9	—
72,28	42,36	9,5	—
74,56	44,64	10	—
76,24	46,32	10,5	—
78,88	48,96	11	—
80,92	51	11,5	—
83,32	53,4	12	—
85,24	55,32	12,5	—
87,4	57,48	13	—
89,08	59,16	13,5	—
91,84	61,92	14	—
94,36	64,44	14,5	—
97	67,08	15	—
99,88	69,96	15,5	—
102,76	72,84	16	—
105,76	75,84	16,5	—
108,4	78,48	17	—
111,04	81,12	17,5	—
113,44	83,52	18	—



v (cm/s) 0,2177      R<sup>2</sup> 0,9987

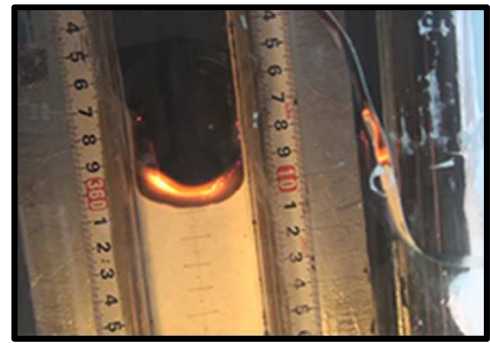
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,38	-	-
0,32	-	-
0,53	-	-
0,41	-	-
0,38	-	-

Mitjana 0,404      -      -  
 Mediana 0,38      -      -

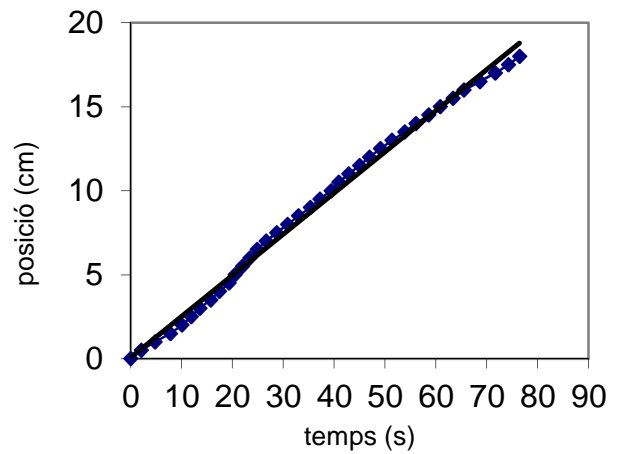
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	1,38	0,97
-	0,91	0,53
-	0,56	0,24
-	0,97	0,68
-	0,62	0

Mitjana -      0,404      0,484  
 Mediana -      0,38      0,53

**Data:** 21/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 69      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (07)      **Angle (°):** 20  
 Semicanalitzat      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
29,64	0	0	—
31,68	2,04	0,5	—
34,44	4,8	1	—
37,44	7,8	1,5	—
39,72	10,08	2	—
41,52	11,88	2,5	—
43,2	13,56	3	—
45,36	15,72	3,5	—
47,04	17,4	4	—
48,96	19,32	4,5	—
50,16	20,52	5	—
51,6	21,96	5,5	—
53,04	23,4	6	—
54,48	24,84	6,5	—
56,28	26,64	7	—
58,32	28,68	7,5	—
60,48	30,84	8	—
62,64	33	8,5	—
64,92	35,28	9	—
66,84	37,2	9,5	—
69	39,36	10	—
70,56	40,92	10,5	—
72,48	42,84	11	—
74,64	45	11,5	—
76,56	46,92	12	—
78,72	49,08	12,5	—
81	51,36	13	—
83,52	53,88	13,5	—
85,68	56,04	14	—
88,2	58,56	14,5	—
90,48	60,84	15	—
93	63,36	15,5	—
95,16	65,52	16	—
98,28	68,64	16,5	—
101,28	71,64	17	—
103,92	74,28	17,5	—
106,08	76,44	18	—



**v (cm/s)** 0,2449      **R<sup>2</sup>** 0,995

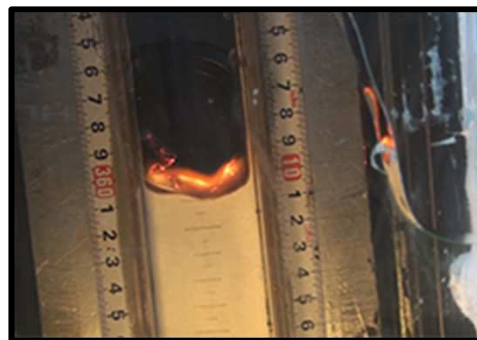
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,38	-	-
0,38	-	-
0,41	-	-
1,03	-	-
0,35	-	-

Mitjana 0,51      -      -  
 Mediana 0,38      -      -

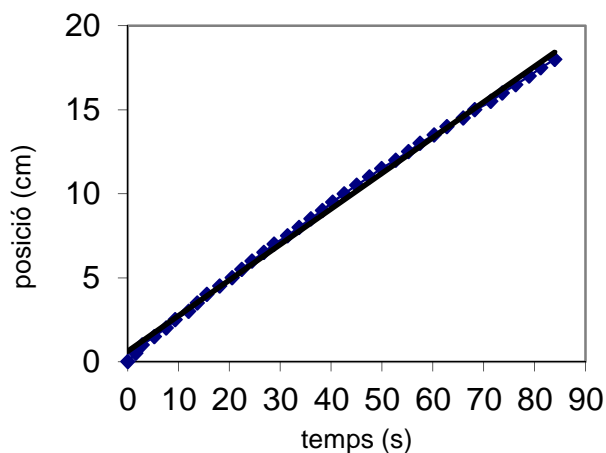
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	0,68	0,44
-	0,58	0,26
-	0,61	0,32
-	0,64	0,32
-	0,5	0,26

Mitjana -      0,282      0,32  
 Mediana -      0,29      0,32

**Data:** 21/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 70      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (08)      **Angle (°):** 20  
                                  **Semicanalitzat**      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
28,64	0	0	—
30,2	1,56	0,5	—
31,48	2,84	1	—
33,88	5,24	1,5	—
36,16	7,52	2	—
37,96	9,32	2,5	—
40,6	11,96	3	—
42,28	13,64	3,5	—
44,2	15,56	4	—
46,72	18,08	4,5	—
49,12	20,48	5	—
51,04	22,4	5,5	—
53,08	24,44	6	—
55,36	26,72	6,5	—
57,4	28,76	7	—
60,04	31,4	7,5	—
62,32	33,68	8	—
64,6	35,96	8,5	—
66,88	38,24	9	—
68,92	40,28	9,5	—
71,2	42,56	10	—
73,6	44,96	10,5	—
76,12	47,48	11	—
78,52	49,88	11,5	—
81,28	52,64	12	—
83,8	55,16	12,5	—
86,08	57,44	13	—
88,84	60,2	13,5	—
91,36	62,72	14	—
94,6	65,96	14,5	—
96,88	68,24	15	—
100	71,36	15,5	—
102,28	73,64	16	—
104,92	76,28	16,5	—
107,56	78,92	17	—
109,84	81,2	17,5	—
112,6	83,96	18	—



v (cm/s) 0,2119      R<sup>2</sup> 0,9976

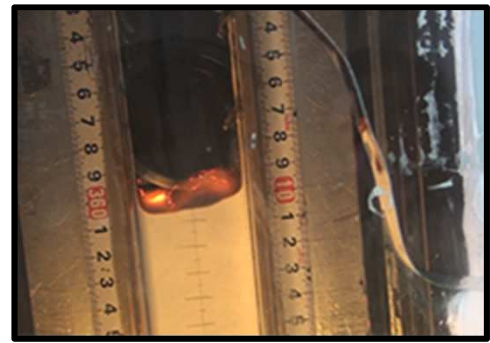
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,5	-	-
0,32	-	-
0,35	-	-
0,32	-	-
0,35	-	-

Mitjana 0,368      -      -  
 Mediana 0,35      -      -

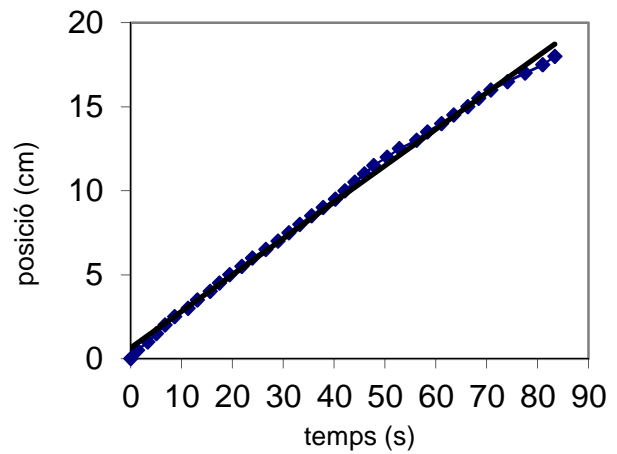
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	0,53	0
-	1,17	0,76
-	0,76	0,41
-	0,53	0
-	0,79	0

Mitjana -      0,522      0,234  
 Mediana -      0,53      0

**Data:** 21/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 71      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (09)      **Angle (°):** 20  
 Semicanalitzat      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
30,6	0	0	—
31,92	1,32	0,5	—
33,96	3,36	1	—
35,64	5,04	1,5	—
37,32	6,72	2	—
39,24	8,64	2,5	—
41,88	11,28	3	—
43,68	13,08	3,5	—
46,2	15,6	4	—
48	17,4	4,5	—
50,04	19,44	5	—
52,44	21,84	5,5	—
54,48	23,88	6	—
57,12	26,52	6,5	—
59,52	28,92	7	—
61,68	31,08	7,5	—
63,84	33,24	8	—
66,12	35,52	8,5	—
68,4	37,8	9	—
70,8	40,2	9,5	—
72,72	42,12	10	—
74,64	44,04	10,5	—
76,56	45,96	11	—
78,36	47,76	11,5	—
81	50,4	12	—
83,4	52,8	12,5	—
86,76	56,16	13	—
88,92	58,32	13,5	—
91,68	61,08	14	—
94,08	63,48	14,5	—
96,84	66,24	15	—
99	68,4	15,5	—
101,4	70,8	16	—
104,64	74,04	16,5	—
108,12	77,52	17	—
111,6	81	17,5	—
114	83,4	18	—



v (cm/s) 0,2169      R<sup>2</sup> 0,9969

L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,68	-	-
0,44	-	-
0,29	-	-
0,32	-	-
0,26	-	-

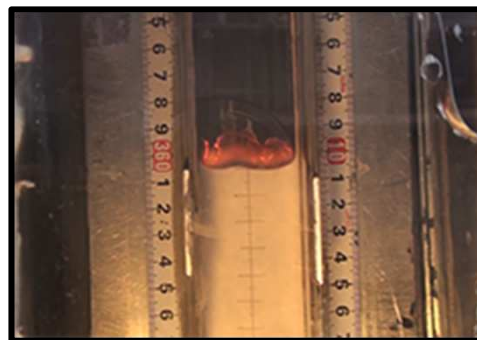
Mitjana 0,398      -      -  
 Mediana 0,32      -      -

Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	0,97	0,53
-	0,76	0,5
-	0,85	0
-	0,47	0
-	0,88	0

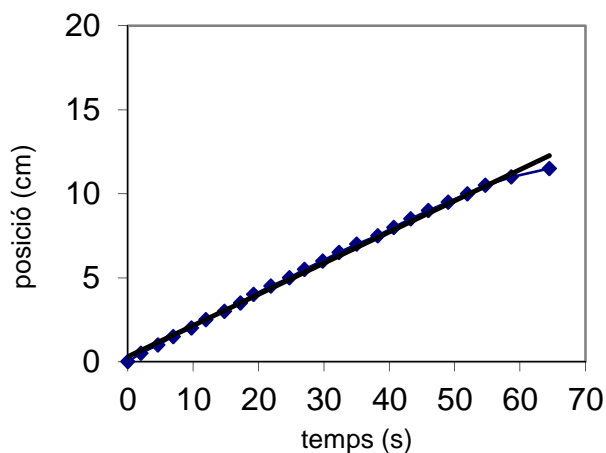
Mitjana -      0,58      0,206  
 Mediana -      0,47      0



**Data:** 23/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 72      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (01)      **Angle (°):** 90  
 Canalitzat      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
56	0	0	—
58	2	0,5	—
60,6	4,6	1	—
62,96	6,96	1,5	—
65,72	9,72	2	—
67,96	11,96	2,5	—
70,8	14,8	3	—
73,24	17,24	3,5	—
75,24	19,24	4	—
77,88	21,88	4,5	—
80,72	24,72	5	—
83	27	5,5	—
85,8	29,8	6	—
88,28	32,28	6,5	—
91	35	7	—
94,24	38,24	7,5	—
96,68	40,68	8	—
99,24	43,24	8,5	—
101,96	45,96	9	—
105	49	9,5	—
107,92	51,92	10	—
110,68	54,68	10,5	—
114,64	58,64	11	—
120,48	64,48	11,5	—
		12	—
		12,5	—
		13	—
		13,5	—
		14	—
		14,5	—
		15	—
		15,5	—
		16	—
		16,5	—
		17	—
		17,5	—
		18	—



v (cm/s) 0,1858      R<sup>2</sup> 0,9962

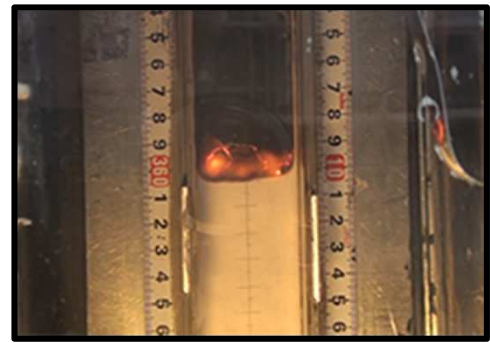
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,26	-	-
0,29	-	-
0,18	-	-
0,24	-	-
0,32	-	-

Mitjana 0,258  
 Mediana 0,26

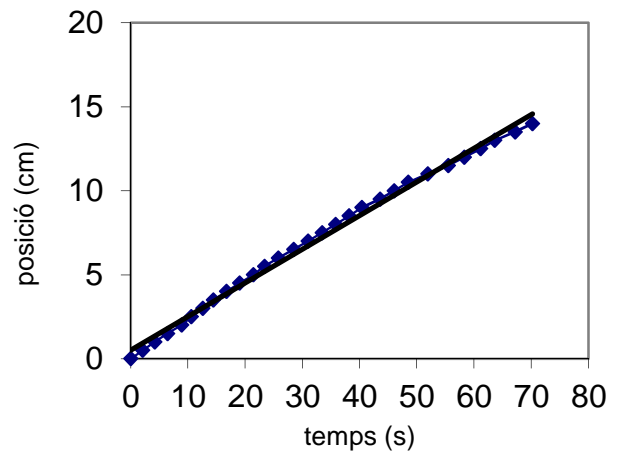
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	0,68	0
-	0,53	0
-	0,74	0
-	0,62	0
-	0,62	0

Mitjana -      0,638      0  
 Mediana -      0,62      0

**Data:** 23/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 73      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (02)      **Angle (°):** 90  
 Canalitzat      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
26,16	0	0	—
28,24	2,08	0,5	—
30,36	4,2	1	—
32,56	6,4	1,5	—
35,04	8,88	2	—
36,72	10,56	2,5	—
38,72	12,56	3	—
40,6	14,44	3,5	—
42,88	16,72	4	—
45,16	19	4,5	—
47,6	21,44	5	—
49,52	23,36	5,5	—
51,96	25,8	6	—
54,6	28,44	6,5	—
57,12	30,96	7	—
59,6	33,44	7,5	—
61,96	35,8	8	—
64,32	38,16	8,5	—
66,52	40,36	9	—
69,72	43,56	9,5	—
72,2	46,04	10	—
74,64	48,48	10,5	—
78,04	51,88	11	—
81,64	55,48	11,5	—
84,44	58,28	12	—
87,28	61,12	12,5	—
89,76	63,6	13	—
93,32	67,16	13,5	—
96,36	70,2	14	—
		14,5	—
		15	—
		15,5	—
		16	—
		16,5	—
		17	—
		17,5	—
		18	—



v (cm/s) 0,2004      R<sup>2</sup> 0,9948

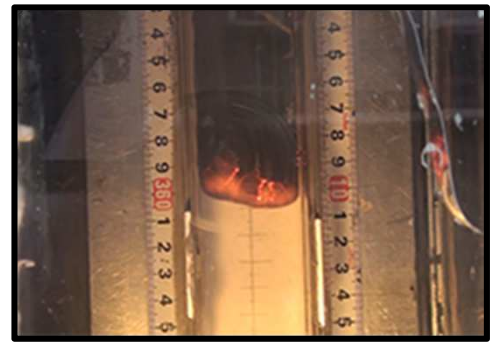
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,29	-	-
0,29	-	-
0,29	-	-
0,24	-	-
0,32	-	-

Mitjana 0,286      -      -  
 Mediana 0,29      -      -

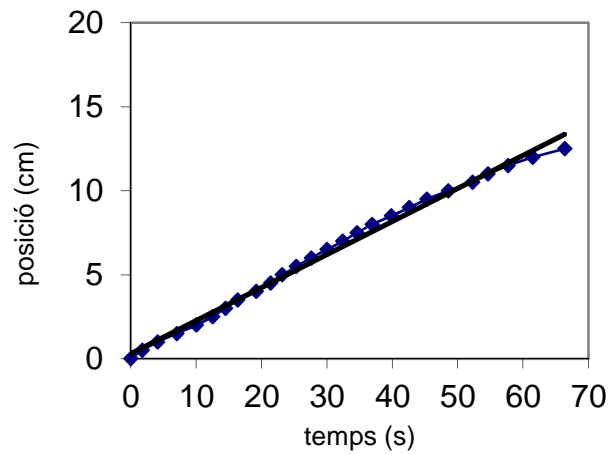
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	0,62	0
-	0,71	0
-	0,65	0
-	0,47	0
-	0,85	0

Mitjana -      0,66      0  
 Mediana -      0,65      0

**Data:** 23/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 74      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (03)      **Angle (°):** 90  
 Canalitzat      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
28,12	0	0	—
29,88	1,76	0,5	—
32,24	4,12	1	—
35,16	7,04	1,5	—
38,16	10,04	2	—
40,64	12,52	2,5	—
42,6	14,48	3	—
44,44	16,32	3,5	—
47,28	19,16	4	—
49,52	21,4	4,5	—
51,28	23,16	5	—
53,44	25,32	5,5	—
55,72	27,6	6	—
58,12	30	6,5	—
60,52	32,4	7	—
62,72	34,6	7,5	—
65,04	36,92	8	—
67,96	39,84	8,5	—
70,72	42,6	9	—
73,4	45,28	9,5	—
76,68	48,56	10	—
80,4	52,28	10,5	—
82,76	54,64	11	—
85,8	57,68	11,5	—
89,6	61,48	12	—
94,48	66,36	12,5	—
		13	—
		13,5	—
		14	—
		14,5	—
		15	—
		15,5	—
		16	—
		16,5	—
		17	—
		17,5	—
		18	—



v (cm/s) 0,1968      R<sup>2</sup> 0,9938

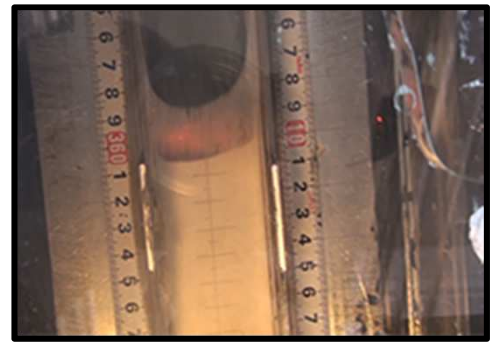
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,24	-	-
0,38	-	-
0,32	-	-
0,21	-	-
0,38	-	-

Mitjana 0,306      -      -  
 Mediana 0,32      -      -

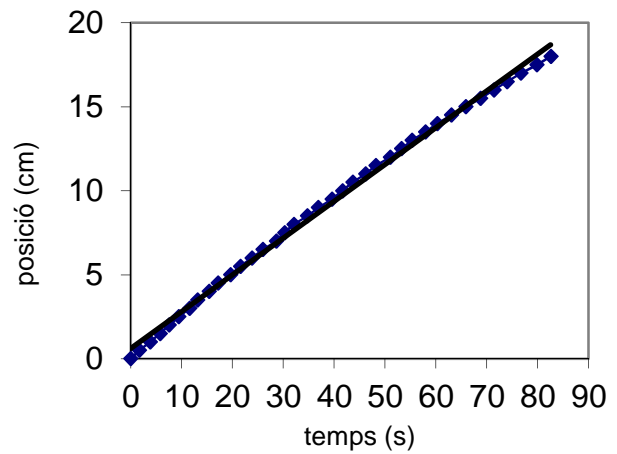
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	0,56	0
-	0,91	0
-	0,71	0
-	0,88	0
-	0,44	0

Mitjana -      0,7      0  
 Mediana -      0,71      0

**Data:** 23/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 75      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (04)      **Angle (°):** 30  
 Canalitzat      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
33,24	0	0	—
34,92	1,68	0,5	—
37,08	3,84	1	—
39	5,76	1,5	—
40,76	7,52	2	—
42,68	9,44	2,5	—
44,8	11,56	3	—
46,4	13,16	3,5	—
48,68	15,44	4	—
50,44	17,2	4,5	—
52,84	19,6	5	—
54,8	21,56	5,5	—
57,08	23,84	6	—
59,2	25,96	6,5	—
61,84	28,6	7	—
63,48	30,24	7,5	—
65,32	32,08	8	—
68	34,76	8,5	—
70,12	36,88	9	—
72,84	39,6	9,5	—
74,88	41,64	10	—
76,88	43,64	10,5	—
79,4	46,16	11	—
81,44	48,2	11,5	—
84,28	51,04	12	—
86,48	53,24	12,5	—
88,52	55,28	13	—
91,2	57,96	13,5	—
93,52	60,28	14	—
96,28	63,04	14,5	—
99,12	65,88	15	—
102,04	68,8	15,5	—
104,64	71,4	16	—
107,24	74	16,5	—
109,96	76,72	17	—
113,12	79,88	17,5	—
115,84	82,6	18	—



v (cm/s) 0,2189      R<sup>2</sup> 0,9967

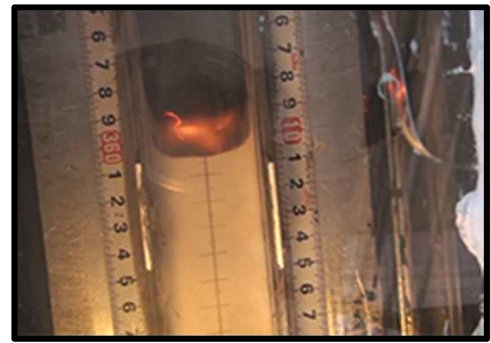
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,41	-	-
0,59	-	-
0,56	-	-
0,41	-	-
0,65	-	-

Mitjana 0,524      -      -  
 Mediana 0,56      -      -

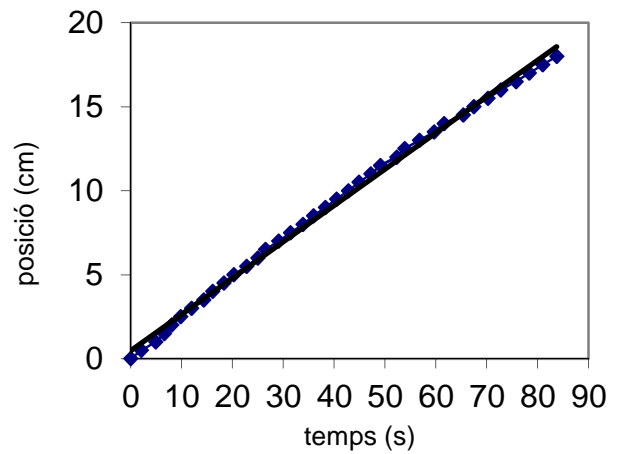
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	1,15	0
-	1	0
-	0,74	0
-	0,74	0
-	0,59	0

Mitjana -      0,844      0  
 Mediana -      0,74      0

**Data:** 23/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 76      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (05)      **Angle (°):** 30  
 Canalitzat      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
31,24	0	0	—
33,32	2,08	0,5	—
36,16	4,92	1	—
37,84	6,6	1,5	—
39,28	8,04	2	—
41,04	9,8	2,5	—
43,2	11,96	3	—
45,6	14,36	3,5	—
47,36	16,12	4	—
49,52	18,28	4,5	—
51,52	20,28	5	—
54	22,76	5,5	—
56,24	25	6	—
57,72	26,48	6,5	—
60,28	29,04	7	—
62,64	31,4	7,5	—
65,12	33,88	8	—
67,16	35,92	8,5	—
69,48	38,24	9	—
71,68	40,44	9,5	—
74,04	42,8	10	—
76,12	44,88	10,5	—
78,44	47,2	11	—
80,32	49,08	11,5	—
83,52	52,28	12	—
85,08	53,84	12,5	—
88	56,76	13	—
90,92	59,68	13,5	—
92,84	61,6	14	—
96,64	65,4	14,5	—
98,68	67,44	15	—
101,44	70,2	15,5	—
104	72,76	16	—
107	75,76	16,5	—
109,6	78,36	17	—
112,2	80,96	17,5	—
115	83,76	18	—



v (cm/s) 0,2163      R<sup>2</sup> 0,9985

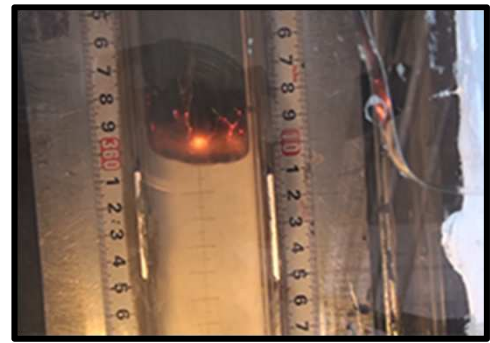
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
1,06	-	-
0,53	-	-
0,56	-	-
0,26	-	-
0,38	-	-

Mitjana 0,558      -      -  
 Mediana 0,53      -      -

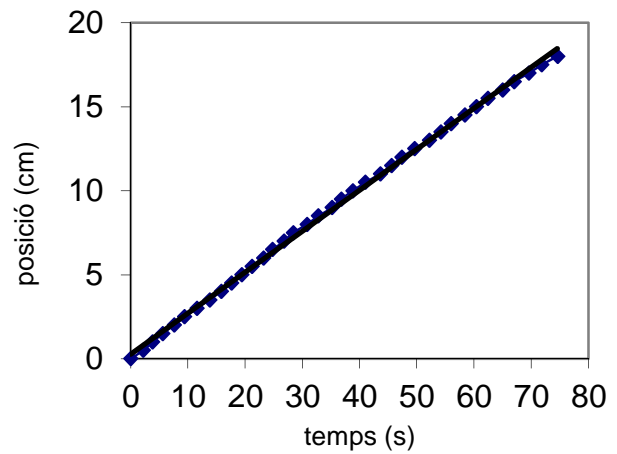
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	0,92	0,68
-	0,7	0,41
-	1,14	0,76
-	0,85	0
-	0,53	0

Mitjana -      0,458      0,37  
 Mediana -      0,38      0,41

**Data:** 23/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 77      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (06)      **Angle (°):** 30  
 Canalitzat      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
25,16	0	0	—
27,36	2,2	0,5	—
28,96	3,8	1	—
30,76	5,6	1,5	—
32,76	7,6	2	—
34,56	9,4	2,5	—
36,76	11,6	3	—
38,96	13,8	3,5	—
40,96	15,8	4	—
42,76	17,6	4,5	—
44,56	19,4	5	—
46,36	21,2	5,5	—
48,36	23,2	6	—
49,96	24,8	6,5	—
51,96	26,8	7	—
53,56	28,4	7,5	—
55,96	30,8	8	—
57,96	32,8	8,5	—
60,36	35,2	9	—
61,96	36,8	9,5	—
63,96	38,8	10	—
66,16	41	10,5	—
68,76	43,6	11	—
70,76	45,6	11,5	—
72,56	47,4	12	—
74,76	49,6	12,5	—
77,36	52,2	13	—
79,36	54,2	13,5	—
81,16	56	14	—
83,56	58,4	14,5	—
85,56	60,4	15	—
87,56	62,4	15,5	—
90,16	65	16	—
92,16	67	16,5	—
94,76	69,6	17	—
96,96	71,8	17,5	—
99,76	74,6	18	—



v (cm/s) 0,2439      R<sup>2</sup> 0,9988

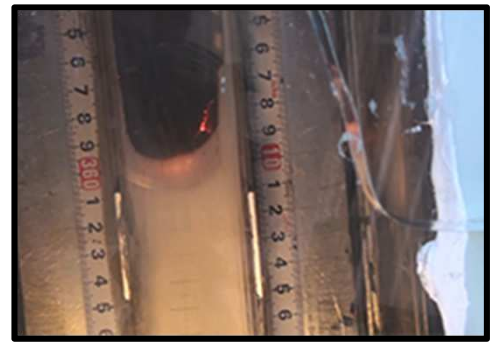
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,24	-	-
0,38	-	-
0,35	-	-
0,38	-	-
0,56	-	-

Mitjana 0,382      -      -  
 Mediana 0,38      -      -

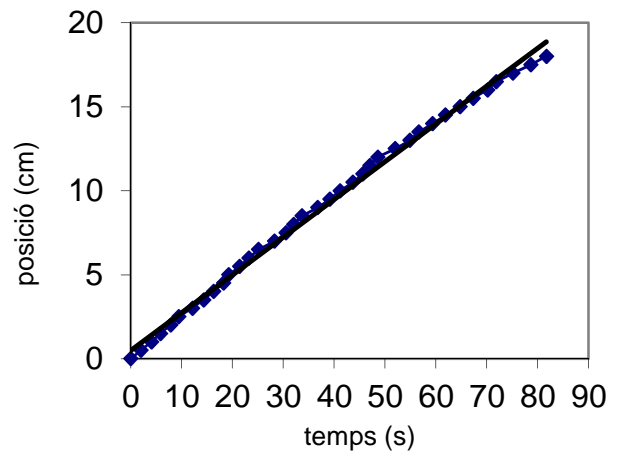
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	1,09	0
-	0,94	0
-	1,12	0
-	0,99	0,71
-	1,06	0,68

Mitjana -      0,762      0,278  
 Mediana -      0,94      0

**Data:** 23/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 78      **C (cm):** 4  
**Cas:** I (07)      **Angle (°):** 20  
 Canalitzat      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
32,32	0	0	—
34,32	2	0,5	—
36,4	4,08	1	—
38,16	5,84	1,5	—
40,16	7,84	2	—
41,76	9,44	2,5	—
44,44	12,12	3	—
46,64	14,32	3,5	—
48,6	16,28	4	—
50,56	18,24	4,5	—
51,56	19,24	5	—
53,72	21,4	5,5	—
55,56	23,24	6	—
57,44	25,12	6,5	—
60,6	28,28	7	—
62,84	30,52	7,5	—
64,36	32,04	8	—
65,96	33,64	8,5	—
69,08	36,76	9	—
71,44	39,12	9,5	—
73,44	41,12	10	—
76	43,68	10,5	—
77,92	45,6	11	—
79,32	47	11,5	—
80,88	48,56	12	—
84,32	52	12,5	—
87,16	54,84	13	—
88,96	56,64	13,5	—
91,64	59,32	14	—
94,2	61,88	14,5	—
97,04	64,72	15	—
99,64	67,32	15,5	—
102,48	70,16	16	—
104,2	71,88	16,5	—
107,44	75,12	17	—
110,96	78,64	17,5	—
114,04	81,72	18	—



v (cm/s) 0,2247      R<sup>2</sup> 0,9962

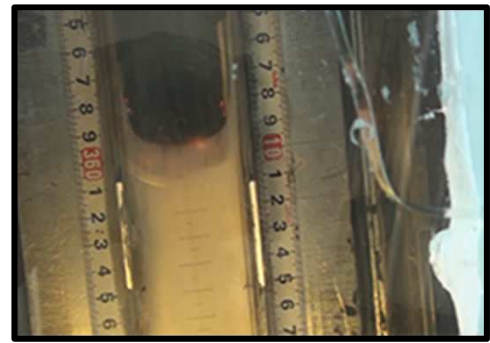
L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,53	-	-
0,68	-	-
0,71	-	-
0,74	-	-
0,35	-	-

Mitjana 0,602      -      -  
 Mediana 0,68      -      -

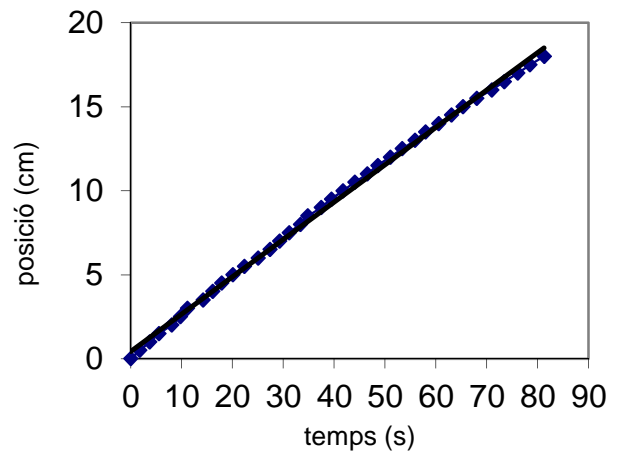
Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	0,74	0
-	0,74	0
-	1,03	0,62
-	0,82	0
-	0,79	0

Mitjana -      0,7      0,124  
 Mediana -      0,74      0

**Data:** 23/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 79      **C (cm):** 4  
**Cas:** II (08)      **Angle (°):** 20  
 Canalitzat      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
26,16	0	0	—
27,92	1,76	0,5	—
29,84	3,68	1	—
31,72	5,56	1,5	—
34,2	8,04	2	—
35,88	9,72	2,5	—
37,32	11,16	3	—
40,4	14,24	3,5	—
42,28	16,12	4	—
44,04	17,88	4,5	—
46,2	20,04	5	—
48,52	22,36	5,5	—
51,2	25,04	6	—
53,52	27,36	6,5	—
55,4	29,24	7	—
57,32	31,16	7,5	—
59,48	33,32	8	—
60,96	34,8	8,5	—
63,6	37,44	9	—
65,6	39,44	9,5	—
67,88	41,72	10	—
70,2	44,04	10,5	—
72,68	46,52	11	—
74,72	48,56	11,5	—
77,16	51	12	—
79,52	53,36	12,5	—
82,04	55,88	13	—
84,12	57,96	13,5	—
86,72	60,56	14	—
89,2	63,04	14,5	—
91,48	65,32	15	—
94,2	68,04	15,5	—
97,12	70,96	16	—
99,6	73,44	16,5	—
102,24	76,08	17	—
104,64	78,48	17,5	—
107,44	81,28	18	—



v (cm/s) 0,2223      R<sup>2</sup> 0,9982

L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,76	-	-
0,44	-	-
0,59	-	-
0,35	-	-
0,47	-	-

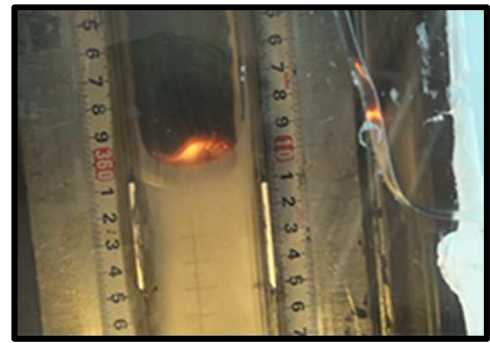
Mitjana 0,522      -      -  
 Mediana 0,47      -      -

Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	0,94	0,56
-	0,59	0
-	0,56	0
-	0,97	0
-	0,71	0

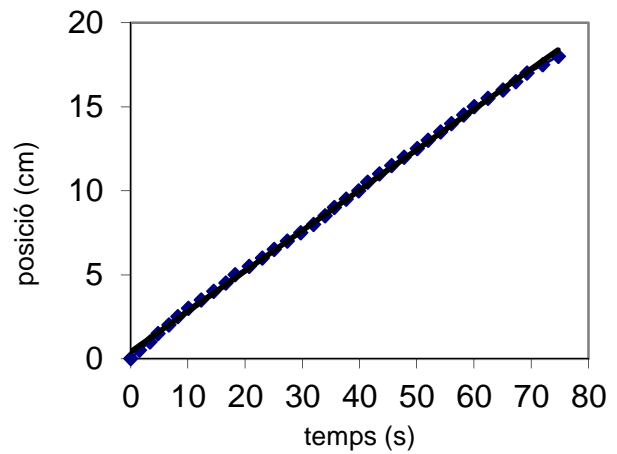
Mitjana -      0,642      0,112  
 Mediana -      0,59      0



**Data:** 23/05/2013      **N (papers):** 1  
**ID:** 80      **C (cm):** 4  
**Cas:** III (09)      **Angle (°):** 20  
 Canalitzat      **Concentració (%):** 22



t (s)	t-t0 (s)	x (cm)	
24,92	0	0	—
26,4	1,48	0,5	—
28,28	3,36	1	—
29,68	4,76	1,5	—
31,56	6,64	2	—
33,16	8,24	2,5	—
35	10,08	3	—
37,2	12,28	3,5	—
39,4	14,48	4	—
41,52	16,6	4,5	—
43,16	18,24	5	—
45,6	20,68	5,5	—
47,88	22,96	6	—
49,96	25,04	6,5	—
52,28	27,36	7	—
54,6	29,68	7,5	—
56,88	31,96	8	—
58,88	33,96	8,5	—
60,48	35,56	9	—
62,56	37,64	9,5	—
64,76	39,84	10	—
66,32	41,4	10,5	—
68,36	43,44	11	—
70,48	45,56	11,5	—
72,68	47,76	12	—
74,96	50,04	12,5	—
76,88	51,96	13	—
79,08	54,16	13,5	—
80,96	56,04	14	—
83,08	58,16	14,5	—
84,92	60	15	—
87,36	62,44	15,5	—
89,96	65,04	16	—
92,2	67,28	16,5	—
94,16	69,24	17	—
96,92	72	17,5	—
99,64	74,72	18	—



v (cm/s) 0,2405      R<sup>2</sup> 0,9992

L <sub>p</sub> (cm)	h <sub>s</sub> (cm)	h <sub>i</sub> (cm)
0,59	-	-
0,59	-	-
0,74	-	-
0,5	-	-
0,44	-	-

Mitjana 0,572      -      -  
 Mediana 0,59      -      -

Angle (°)	L <sub>f</sub> (cm)	D (cm)
-	1,24	0,74
-	0,82	0
-	0,94	0,62
-	1,26	0,82
-	0,88	0

Mitjana -      0,592      0,436  
 Mediana -      0,5      0,62